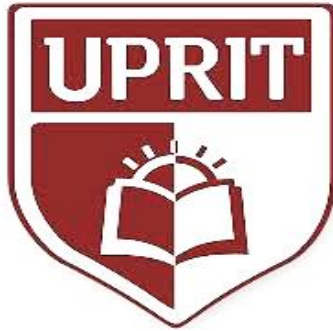


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO VOLUMÉTRICO DE SUELOS
CON ELEVADO CONTENIDO DE FINOS EN LA URB. UPAO II ETAPA,
FRENTE A ALTAS PRECIPITACIONES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO -
LA LIBERTAD - PERÚ - 2018.**

TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. JUAN ALBERTO ALVA FIGUEROA

ASESOR:

Ing. JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ

TRUJILLO - PERU

2019





Aprobación de la Tesis

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller Juan Alberto Alva Figueroa, denominada:

**INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO VOLUMÉTRICO DE SUELOS
CON ELEVADO CONTENIDO DE FINOS EN LA URB. UPAO II ETAPA, FRENTE A
ALTAS PRECIPITACIONES EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - LA LIBERTAD –
PERÚ -2018.**

Ing. 
ENRIQUE MANUEL DURAND BAZAN
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 63615
Jurado Presidente

Ing. 
GUIDO ROBERT MARTIN CUBAS,
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 108656
Jurado Secretario

Ing. 
Elton Javier Galarreta Malaver
ING. CIVIL
R. CIP. N° 177990
Jurado Vocal



Dedicatoria

A MI HIJOS

Que siempre han estado conmigo en este
Proyecto importante de mi vida. Para lograr
Mi meta Como Persona y Profesional. Darles
Una mejor calidad de vida mi hogar.

A MI PADRES Y COMPAÑEROS

Que siempre me incentivaron y apostaron
Por mi futuro para ser cada día más y ser
Gran Profesional para lograr mis objetivos.

JUAN ALBERTO ALVA FIGUEROA



Agradecimiento

A Dios y Mi Familia por dame, La Fuerza necesaria para lograr terminar a culminar con mi trabajo de investigación de Tesis.

A mi Padres y a mi Hijos por su comprensión y apoyo incondicionalmente logrando ser el motor y motivo para cumplir con mis objetivos.

Agradezco a la Universidad Privada de Trujillo, Agregarme en sus aulas en la cuales me repartieron los conocimientos suficientes para la culminar mi Profesión como ingeniero Civil.

A nuestros Docentes, porque a través de sus conocimientos como Profesionales me transmitieron con su experiencia para poder lograr exitosamente nuestros objetivos como futuro Profesional.

JUAN ALBERTO ALVA FIGUEROA



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática	11
1.2. Formulación del problema	23
1.3. Justificación	23
1.4. Objetivos	25
1.4.1. Objetivo General	25
1.4.2. Objetivos Específicos	25
1.5. Antecedentes	26
1.6. Bases Teóricas	34
1.6.1. Origen y formación de los suelos.....	34
1.6.2. Suelos Finos	38
1.6.3. Comportamiento de los suelos.....	44
1.6.4. Lluvia.....	51
1.7. Definición de términos básicos	55
1.8. Formulación de la hipótesis	55
1.8.1. Hipótesis General	55
1.8.2. Hipótesis Especificas	55
II. MATERIAL Y MÉTODOS	56
2.1. Material	56
2.2. Humano	56
2.3. Servicios	56
2.4. Otros	56



2.5. Material de estudios	56
2.6. Técnicas, Procedimientos e Instrumentos	57
2.7. Ensayos de Laboratorio	61
2.8. Operacionalización de las variables	89
III. RESULTADOS	90
IV. DISCUSIÓN	98
V. CONCLUSIONES	100
VI. RECOMENDACIONES	102
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
VIII. ANEXOS	107



Índice de Tablas

Tabla 1. Identificación entre suelo y roca según tamaño	35
Tabla 2 Clasificación según tamaño de partículas	36
Tabla 3 Sistema de clasificación por grupos	39
Tabla 4 Sistema de clasificación por subgrupos.....	39
Tabla 5 Sistema de clasificación Suelos Finos	41
Tabla 6 Clasificación de precipitación según la necesidad	52



Índice de Figuras

Figura 1. Curva Granulométrica	36
Figura 2. Clasificación de los Suelos	37
Figura 3. Carta de Plasticidad	38
Figura 4. Partículas de líquido partículas de suelo	45
Figura 5. Interacción Física	45
Figura 6. Medición por acumulación de lluvias	53
Figura 7. Plano de ubicación	57
Figura 8. Formato de Observación	58
Figura 9. Preparación del terreno	58
Figura 10. Tipo de Análisis	59
Figura 11. Valor Crítico	60



Resumen

La presente investigación se desarrolló en la urbanización UPAO II, Etapa situada en la ciudad de Trujillo al norte del Perú, el cual cuenta con un terreno constituido con suelos de alta cantidad de partículas finas (arcillas y limos), históricamente ha sido afectada en lapsos indistintos de tiempo con lluvias intensas, provocadas por altas precipitaciones asociadas al cambio climáticas en la ciudad, Como aporte al conocimiento de suelos con elevado contenido de finos en la zona, se desarrolla el presente trabajo un programa experimental dirigido a evaluar la influencia en el comportamiento volumétrico de los suelos con elevado contenido en finos ante la presencia de una intensidad de lluvia en la ciudad, mediante ensayos geotécnicos pertinentes como lo son el de expansión libre y potencial de colapso desarrollados por el suelos ante la saturación parcial originadas por las lluvias en su acumulación y al entrar en contacto directo con las partículas del suelos logrando la saturación parcial del mismo y a su vez generando un comportamiento anómalo de sus características volumétricas. Usando la teoría de los suelos parcialmente saturados específicamente las consecuencias que estas causan en el comportamiento volumétrico del suelo fino, que son los más propensos a estos cambios. Para determinado su tipo de suelos, sus propiedades físicas y el cambio de las mismas ante la presencia de una saturación, se usa un punto de investigación del cual se extraerá una muestra suelta para la evaluación el laboratorio. Los resultados obtenidos permitieron clasificar el suelo como un bajo índice porcentual de expansión y de modera colapsabilidad, permitiendo establecer que las lluvias intensas en la ciudad influyen negativamente en el comportamiento volumétrico de los suelos con alto contenido en finos de la urb. UPAO II etapa.



Abstract

The present investigation was developed in the urbanization UPAO II Stage located in the city of Trujillo in the north of Peru, which has a land that constituted with soils of high amount of fine particles (clays and silt), historically it has been affected in indistinct periods of time with intense rains, caused by high rainfall associated with climate change in the city, as a contribution to the knowledge of soils with high content of Fine in the area, the present work is developed an experimental program aimed at assessing the influence on the volumetric behavior of soils with a high content of fines in the presence of an intensity of rainfall in the city, through relevant geotechnical tests such as of free expansion and potential for collapse developed by the soil before partial saturation caused by rainfall in its accumulation and when coming into direct contact with soil particles, achieving partial saturation of the soil and at the same time generating an anomalous behavior of its volumetric characteristics. Using the theory of partially saturated soils specifically the consequences that these cause in the volumetric behavior of the fine soil, which are the most prone to these changes. To determine the type of soil, its physical properties and the change thereof in the presence of saturation, a research point is used from which a loose sample will be extracted for laboratory evaluation. The results obtained allowed to classify the soil as a low percentage rate of expansion and moderately collapsible, allowing to establish that heavy rains in the city negatively influence the volumetric behavior of soils with high fines in the urb. UPAO II stage.

Introducción

1.1. Realidad problemática

Alfaro, (2014) Señala que:

Es preciso saber el comportamiento de los suelos de manera parcial y saturados con miras a prevenir inconvenientes climáticos. Buena porción conductual que muestra un suelo parcialmente saturado está asociada con los volúmenes deformados, es por eso se han venido elaborando soluciones al análisis de la conducta geotécnica de los suelos y se han elaborado tomando en cuenta que los suelos se hallan saturados o secos, Aun así, existen importantes cuestionamientos geotécnicos por la cual el estudio de la humedad parcial es principal. Grandes porciones de las formaciones geológicas del mundo están conformadas por suelos parcialmente húmedos.

Jenny, (2015) Afirma que:

Los suelos húmedos saturados parcialmente probablemente muestren propiedades o conductas singulares, los que se hallan los suelos expandibles, los colapsables y los residuales, siendo probable experimentar variedades dimensiones de volumen en asistencia de saturación de origen natural ú originada por el hombre, por consiguiente, dando cambios en la resistencia y la deformación, debido a modelos que intente comprender este fenómeno. Hoy en día ha elevado la curiosidad de profundizar en el conocimiento de los suelos parcialmente húmedos, de un punto experimental, con novedosas tecnologías que admitan un conocimiento más a fondo de la conducta tenso-deformacional de los suelos. Los valores estimados de la gráfica de retención y compresibilidad del suelo, tiene varios intereses, tendiendo a

utilizar para tener varios parámetros empleados en la caracterización y admitiendo un mejor entendimiento de la conducta de los suelos húmedos parcialmente. El conocer que los suelos parcialmente húmedos son necesarios debido a que por los cambios de la succión se ve perjudicado la permeabilidad, la resistencia a la fuerza cortante, la capacidad de carga, así como la conducta volumétrica en los suelos.

Ochoa, (2012) Manifiesta que:

En Colombia una gran parte del territorio se encuentran apostados mayormente en suelos residuales, por la meteorización “in situ” de la roca, así sobre suelos de origen sedimentario, y en la mayoría de los casos se hallan en estado parcial de humedad que no están secos ni húmedos. Este estado de humedad parcial está relacionada a incógnitas ambientales como las tasas de evaporación, régimen de lluvias, el clima y transpiración y las cualidades topográficas, en diferencia de suelos secos o húmedos, los suelos parcialmente húmedos están constituidos de forma reducida por tres fases: gaseosa, sólida y líquida, debido a que los espacios están ocupados por aire y agua.

Burton, (2014) Manifiesta que:

El análisis de la conducta que adoptan los suelos expandibles, necesariamente debe tener en cuenta los cambios en las condiciones de esfuerzos del suelo, puesto que el potencial expandible del suelo no se realiza si el suelo se halla húmedo, pasa cuando se den variaciones en el porcentaje de humedad, y el suelo se ubican en el rango de parcialmente húmedo. El empleo de la mecánica de suelos convencional no da soluciones a este

comportamiento debido a eso se generan conferencias internacionales para resolver los problemas de los suelos expandibles, como son las Conferencias Internacionales de Suelos Expansivos en Texas, Israel, Denver, Australia, Nueva Delhi; agregado que el suelo expandible ve la necesidad de investigar otros estados del suelo en humedad parcial, como la compactación de suelos, suelos colapsables y suelos residuales.

Airey, (2014) Indica que: “Los análisis actualmente sobre el estado de volumetría en los suelos húmedos parcialmente proviene de la influencia de la succión de los mismos”

Alfaro, (2014) Manifiesta que: “Los comportamientos más saltantes de los suelos en estado sin humedad, está asociado a las deformaciones volumétricas al alterar el grado de saturación. Estas deformaciones pueden ser de colapso o dilatación.”

García, (2015) Señala que:

El suelo por arriba de la capa freática tiene presiones por los poros de líquido negativas y el suelo debajo de la capa freática provoca efectos de presiones positivas de líquido intersticial. Hoy en día se ha elevado la necesidad de ahondar en investigar los suelos húmedos parcialmente.

Esta investigación presenta la toma y recreación de la curva de compresibilidad (e vs σ) de la formación Capdevila, sito en la provincia de La Habana. Se efectúa una caracterización del suelo materia de estudio, mediante la utilización de ensayos de laboratorios siguiendo las definiciones de las normas correspondientes. La representación de la gráfica de compresibilidad de suelo se efectuará empleando un modelo para tomar la gráfica de retención del suelo y la gráfica de compresibilidad en estados húmedos, los resultados de las succiones y los coeficientes κ (comportamiento elástico) y λ

(comportamiento plástico) del suelo analizado, que admitirá conocer el asentamiento que ocurre en los suelos parcialmente húmedos.

Rolo, (2004) Manifiesta que:

La última erupción pliniana de la caldera de Ilopango produjo depósitos de tefra de gran espesor llamados Tierra Blanca Joven (TBJ). Estos depósitos (oleadas piroclásticas, flujos piroclásticos, caída y material retransportado) están poco consolidados, hallándose en estado meta-estable y conforman taludes verticales de decenas de metros de espesor en la zona proximal de la caldera. Por lo que al saturarse o al verse afectados por vibraciones naturales (terremotos) o artificiales se da proceso de colapso.

Chávez, (2013) Señala que:

El Área Metropolitana de San Salvador se expandió urbanísticamente sobre estos depósitos parcialmente saturados sin ningún control, actualmente provoca problemas graves en la infraestructura civil debido a erosión fluvial, erosión subterránea, movimientos de ladera, colapso, asentamientos y licuefacción durante la época lluviosa y terremotos.

Pérez, (2011) Señala que:

Se describe el caso de una agrupación de edificios de departamentos de tres niveles construidos en una zona de talud ubicada al nororiente de la ciudad de Querétaro. Estas construcciones han mostrado movimientos y daños significativo desde que se terminó su construcción a la actualidad. Para identificar las causas de comportamientos anómalos de los edificios y poder determinar un programa de rehabilitación, siendo que los propietarios realizaron seis estudios de mecánica de suelos además del estudio inicial.

Vargas, (1980) Indica que:

Sabiendo de la presencia de suelos compuestos por un conglomerado de partículas gruesas (gravas, guijarros y botones) incluidos dentro de una matriz de partículas menores (arenas, limos y arcillas), que tiene un comportamiento colapsable; no tiene antecedentes en el Perú a menos la advertencia señalada que justamente el investigador otorgó al suelo de la formación Sotillo ubicado en la escarpa del Pie de la Cuesta en el valle del río Vítor, departamento de Arequipa, un estado de esta índole, a raíz del desmoronamiento ocasionado en el año de 1974.

Fernández, (1998) Señala que:

Los movimientos de masas se vinculan con el mecanismo de error. El suelo de Sotillo asentado en laderas medias y baja sobre rocas intrusivas, está constituido por sedimentos del Terciario de origen marino, siendo que posee una densidad elevada y abarca elementos cementantes (carbonatos de calcio) y minerales con arcilla y de montmorillonita dentro de la matriz, este suelo por hallarse en una zona árida con lluvia promedio anual de 18 mm, humedades menores del 2%, por consecuencia la resistencia al corte en ese comportamiento es sumamente alto. En la cima de la escarpa se ubica la terraza donde se trabaja el sistema de riego en La Joya Antigua, ubicación en que las aguas invaden la pampa y brotan manantiales en la escarpa a través del aglutinamiento del Sotillo. En esta elaboración es disuelto el material cementante al producirse el cambio de cationes de la montmorillonita con las sales en la presencia de agua. Como producto origina la pérdida de la resistencia al corte, originando derrumbe en la estructura por su mismo peso.

Obando, (2015) Señala que:

En la ciudad de Trujillo, capital del Departamento de la libertad, por medio de una inspección ocular se aprecia que el tipo de suelo predominante en el sitio es de tipo arenoso y limoso, y que es sensible a los cambios de agua repentinos, el nivel freático en gran parte de Trujillo se ubica muy cercano a la superficie (0.80 – 2.10 m).

En vía no pavimentada, las condiciones de operación son insuficientes, lo que genera reducir las velocidades y los pesos de los vehículos, así mismo se alzan los costos de mantenimiento y combustible; El uso de un camino de tierra depende de los estados climáticos y de un drenaje adecuado. En un camino con capa primaria como el cascajo o suelo pedregoso arenoso, las restricciones climáticas puedan ser menos importantes, pero si un drenaje eficaz.

Un pavimento mayormente no ocurre una ruptura catastrófica, salvo que se halle un error en el trabajo geotécnico como en casos de los pavimentos apostados en terraplenes sobre suelos expandibles. Esa degeneración usualmente se da en manera continua a lo largo del tiempo y es desde la abertura al tráfico, por medio de mecanismos complicados y que no están totalmente vinculados, donde escalonadamente se van sumando deformaciones plásticas, debido a las capas asfálticas o cementadas, que provienen de la acción de las cargas del tráfico y los efectos de la intemperie por cambios de temperatura y humedad a lo largo del tiempo. Así mismo el estado de ruptura de un pavimento es, hasta cierto punto, indefinida y subjetiva, habiendo polémica entre los técnicos y administradores en mejorar

y restaurar un pavimento que describe un nivel de degeneración estructural y/o funcional.

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

Silva, (2015) Señala que:

Los estudios geológicos y mecánica de suelos en general, se toman en cuenta los fenómenos geológico-climáticos se ven posibles fallas de suelos. originadas por los sismos, como licuación de suelos granulares saturados y sueltos; pendientes inclinadas, fallas de taludes, cuando la carga se eleva y la capacidad de corte se minimiza, por vibraciones sísmicas o por saturación del suelo. Los cambios en las características del suelo provocadas por el agua pueden causar dilatación o colapso del mismo, ocasionando asentamientos o elevaciones y la subsecuente falla en las construcciones.

Barrera, (2002) Pudieron encontrar que:

Se pone en evidencia la importancia de la estructura para mejor comprensión de los fenómenos vinculados a la dilatación y al colapso.

En caso de arcillas expandibles la microestructura y su estado de compresión son fundamentales en el estudio de su característica. También para suelos compactados en total, la estructura juega un rol principal en su estado, siendo necesario saber la repartición y orientación del conjunto de partículas, las uniones o enlaces y la manera con que actúa la succión en cada caso.

Ubicaron que para que un suelo sea expandible, debe poseer un mineral arcilloso que muestre variaciones de volumen al ser aplicados a variaciones en su capacidad de humedad, y este debe estar en condiciones de secado. Por tanto, la profundidad máxima de fluctuación en el contenido de humedad del suelo (zona activa) define su zona potencial de expansión. El grave problema que se tiene en los análisis de expansión, es el de la dificultad para determinar el valor de esa profundidad para un sitio dado, debido a la cantidad de variables que intervienen en ella. Existe poco entendimiento sobre la forma de definir el comportamiento de los suelos colapsables y expansivos en el laboratorio y de cómo determinar y minimizar sus efectos en una cimentación.

Fernández, (1998) Determino que: “Los investigadores sugirieron que los suelos colapsables, deberán bajar súbitamente su alta resistencia al corte de estado seco cuando son mojados y al mismo tiempo experimentan una significativa disminución de volumen, es decir, experimentar un fuerte slump”.

Espinoza (2015) Determino que: “El estado expansor de suelos es elevado si su grado de humedad es bajo, es decir tiene baja saturación natural, lo que admitir que el terreno pueda absorber la mayor cantidad de agua, originando cambios en el volumen considerables”.

Ochoa, (2012) Aduce que:

En suelos expandibles y considerados colapsables, que se hallan por encima de una capa freática, se muestran presiones de vacíos negativos, si el balance de entrada y salida de agua, se mantiene constante frente a lluvias, evaporación, presencia o remoción de árboles, fugas en redes de agua, etc. no se presentarán los problemas de expansión y colapso. Aún si se presentan variaciones en el contenido de saturación del suelo, se originan variaciones en

las presiones de vacíos y en consecuencia variaciones de volumen. La humedad del suelo originará un aumento de volumen en los suelos expansivos y una reducción de volumen en los suelos considerados colapsables.

Redolfi, (2007) Señala que:

Varios del comportamiento que determinan a los suelos son complejos y no pueden siempre minimizarse a causas sólo mecánicas, aunque muchas veces intervienen factores como químicos y ambientales, provocando un comportamiento particular del terreno.

En algunos suelos, estos factores **no mecánicos** tienen una significancia y son objeto de un estudio exhaustivo. Dicho grupo de suelos es conocido genéricamente como **suelos estructuralmente inestables**.

Adua, (2007) Señala que:

Los cambios de humedad en los suelos provocan que los suelos cohesivos tiendan a contraerse o expandirse, A diferencia de los suelos comunes y los expandibles se basa en que las variaciones de volumen en estos últimos pueden alcanzar niveles que desemboquen dañando las obras construidas sobre ellos.

Jones, (1973) Aduce que:

Acorde a la estimación efectuada por daños registrados en edificaciones, pisos, banquetas, áreas de almacenamiento, carreteras y calles, entre otras obras, y otorgados a suelos expandibles origina un costo de más de dos mil millones de dólares anuales, costos que exceden a los causados por inundaciones, huracanes, sismos y tornados.

El cambio volumétrico al que está sometido suelos que tiene un alto

contenido en granos finos ya sea limo, arcilla o ambos a la vez, tiene principalmente como problema la expansión del terreno en caso no tenga cambios significativos constantemente y el colapso del terreno en caso este sometido constantemente a cambios significativos, esta variación de contenido de agua que tiene como causal en este caso las intensas lluvias, puede ser un enemigo silencioso para las edificaciones construidas en terreno con suelos con características expansivas.

Joan, (2013) Afirma que:

La tensión a la que está aplicado el suelo iguala o supera la llamada tensión de dilatamiento, la presencia de agua no implica un cambio de volumen, es así que conlleva un cambio en la situación de tensiones del suelo respecto los materiales o estructuras con que está en relación.

Joan, (2013) Aduce que:

En caso el terreno este sometida al fenómeno de la expansión, la estructura estaría sometida a un hinchamiento de una porción del terreno debido a que la variación de contenido de agua por lluvias no es uniforme, debido a que no todo el terreno está expuesto directamente a lluvias y por lo general estas suelen filtrarse por el perímetro del terreno debido a al agua que discurre por las paredes con dirección al suelo, por lo cual estas porciones del terreno están expuesta a sufrir las consecuencias de expansión del terreno.

La composición de minerales con presencia de elementos solubles al agua: el acceso de agua a la estructura del material supondrá un proceso de disolución de parte de la estructura, colapsando el resto para reordenarse hasta lograr un nivel empaquetado de acuerdo al comportamiento de tensiones en

que se ubique el terreno. Se han presentado riesgos y patologías vinculadas a procedimientos colapsables provocados por disolución en formaciones que involucran arcillas y yesos.

En el caso que el terreno este expuesto constantemente a cambios de cargas constantemente, este terreno estará expuesto al fenómeno de colapso, debido a los constantes cambios de carga esta presentará un desgaste al terreno que ata que esta seda provocando un colapso del terreno un agujero o grietas en las losas que estén en contacto directo con el suelo parcialmente saturado por las lluvias.

Jenny, (2015) Aduce que:

El fenómeno que presenta un suelo húmedo, en gran medida está vinculado con deformaciones volumétricas, es por ese hecho que se han venido efectuando formulas y maquetas que pueda explicar estos cambios; hoy en día se ha sumado al hecho de ahondar en el conocer los suelos húmedos parcialmente de modo experimental, con tecnologías que admitan un saber exhaustivo de las gráficas tenso-deformacional de dichos suelos. La estimación de la curva de retención y de la curva de compresibilidad del suelo, tiene diversos intereses, pudiéndose emplear para obtener varios parámetros utilizados en la caracterización y permitiendo una mejor comprensión del comportamiento de los suelos parcialmente saturados. El conocimiento de los suelos parcialmente saturados es imprescindible, ya que por la variación de la succión se ve afectado la permeabilidad, la resistencia al cortante, la capacidad de carga, así como el comportamiento volumétrico en estos suelos.

Las consecuencias que podría traer el desconocimiento de la sensibilidad cambios



volumétricos en suelos expansivos, que este caso sería suelos con alto contenido en finos, ante la presencia de intensas lluvias o cambios en el contenido de agua en las partículas de suelos con características expansivas, son consecuencias muy significativas en las edificaciones de cualquier tipo.

Si bien es sabido que Trujillo no es una ciudad que este constantemente sometida a lluvias de alta intensidad, por efecto de las contaminaciones ambiental a la que está constantemente sometida el mundo, Trujillo es una ciudad que no está exenta a sufrir del cambio climático, cada año se observa más presencia de lluvia en la ciudad e incluso cada cierto tiempo es sometida por un fenómeno climático denominado el fenómeno del niños , en el cual por un cierto periodo de tiempo es sometida a intensas lluvias, no es tan descabellado pensar que con forme pasa el tiempo la ciudad estará sometida a cada vez más presencia de lluvias , y si las persona no empiezan a tener en cuenta el impacto que pueden tener las lluvias en lo que es un componente fundamental de toda edificación, como es el suelo estaremos expuestos a sufrir consecuencias de muy grandes magnitudes.

El comportamiento que adoptan los suelos expansivos, como es el caso de los suelos con alto contenido en finos ante la presencia de una alta intensidad de lluvia, causada por la variación del grado de saturación y el contenido de humedad, durante el tiempo de duración de las lluvias en la ciudad. Básicamente el estudio estará enfocado en la variación de una de las propiedades fundamentales de los suelos, como es el cambio de volumen por efecto de la variación del contenido de agua en el suelo.

Actualmente Trujillo y alrededores, aun cuenta con una amplia área de terreno dedicada al cultivo, pero que poco a poco estas están siendo urbanizadas y convirtiéndose en urbanizaciones, centros comerciales, colegios, etc. Estas zonas que originalmente eran zonas dedicadas al cultivo, son terrenos con suelo altamente expansivos debido a la presencia de



arcilla, no cabe duda de que con el tiempo estas serán las zonas más afectadas en caso las lluvias vayan aumentando con el pasar del tiempo.

Si concientizamos a la gente que a futuro piensa edificar sus viviendas o ya sea cualquier tipo de estructura en zonas con suelos con alto contenido en fino, las personas con bajos recursos económico o personas que son asépticas a la mano de obra calificada, y construyen sin tener en cuenta las consecuencias que traerá a futuro el construir en suelos con características ya antes mencionadas, definitivamente estas serán las más afectadas.

Si bien es cierto los cambios de contenido de agua en los suelos por lluvias producidas ya sea por efecto del cambio climático, podrían traer muchas más consecuencias, fundamentalmente las consecuencias que conllevan a más riesgos y a tomar más en cuenta, son las que se afectarían al suelo del terreno, terreno con suelos con alto contenido en fino, si este terreno llegara a fallar la edificación tendría consecuencias notoriamente graves, y ya difícil de subsanar pos-construcción.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es el comportamiento volumétrico de suelos con elevado contenido en finos en la urbanización UPAO II etapa, Trujillo, La Libertad frente a altas precipitaciones de lluvia en la ciudad?

1.3. Justificación

La teoría enfocada en suelos parcialmente saturados aún está en desarrollo, teoría analizada y desarrolla en su mayor parte por profesionalmente especialistas en la materia, es una teoría muy realista, que podemos observar cotidianamente y si bien es cierto que es un tema muy complejo teóricamente, si enfocamos esta teoría en problemas específicos, podemos comprender mejor el valor que puede llegar a tener el desarrollo de una teoría basada en suelos parcialmente saturados, la investigación realizada es básica con aspectos fundamentales y de



fácil comprensión para el lector, por lo cual se busca fomentar la investigación sobre temas que tengan como principio el estudio e investigación sobre suelos parcialmente saturados .

El manual básico para estimación de riesgo del Instituto Nacional de Defensa Civil, en el apartado de estratificación para fines de estimación de riesgo, califica a los suelos expansivos como suelos con peligro alto y a los suelos colapsables con peligro muy alto, calificativos impuestos en base a criterios muy competentes que la gente de a pie desconoce, la investigación no se basa en identificar cuando estos suelos son expansivos y/o colapsables , sino en las consecuencias del hecho de no tener en cuenta este factor al edificar una estructura en terrenos con estas características.

La presencia de intensas lluvias en la ciudad, que si bien es cierto no son constantes durante el año, estas pueden ser muy intensas en determinadas épocas y años venideros, son escasos los estudios sobre el impacto que podrían tener este supuesto problema climatológico y las zonas que realmente pueden ser afectadas debido principalmente a las características de los suelos sobre las cuales son edificadas casas, colegios u otras estructuras que están en contacto directo con el suelo, hay un gran vacío sobre el conocimiento de la consecuencias que podrían traer las lluvias sobre suelos que contengan un alto contenido en finos , ya que estos suelen presentar características expansivas y colapsables que traerían como consecuencia fallas y complicaciones pos-construcción.

El trabajo de evaluar el comportamiento que tendrán los suelos con una gran cantidad de finos, ante la inminente presencia de lluvias, en función a una teoría la cual no está basada en la mecánica de suelos clásica, más está basada en teorías en la cuales se considera un factor distinto, el cual es trabajar bajo condiciones de suelos parcialmente saturados, que si bien es cierto limita el universo de ensayos y estudios, principalmente se enfocara en el estudio de la capacidad de expansión y determinar el potencial de colapso del suelo estudiado y las



inminentes consecuencia en los caso más desfavorables posibles.

La presente investigación será un aporte para futuras investigaciones y tesis, que tengan como finalidad ahondar en temas basados en la teoría aplicada de suelos parcialmente saturados o que deseen evaluar el comportamiento y las propiedades en general de los suelos basados en el cambio de contenido de agua en los mismos, la presente investigación se espera sea un aporte que sirva como antecedente a estas futuras investigaciones.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Determinar la influencia en el comportamiento volumétrico de los suelos con alto contenido en finos en la urbanización UPAO II Etapa, ante la presencia de alta intensidad de lluvia en la ciudad de Trujillo-La Libertad.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Analizar la influencia en el comportamiento volumétrico de los suelos con alto contenido en finos en ante la presencia de alta intensidad de lluvia en la ciudad.
- Determinar las consecuencias que pueden tener los suelos con alto contenido en finos ante la presencia de lluvias intensas.
- Evaluar las características expansivas natural de los suelos con un alto porcentaje de finos en zonas anteriormente usadas para el cultivo.
- Estudiar fundamentalmente las potencias de colapso e índice de expansión del suelo en la zona.

1.5. Antecedentes.

TITULO: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO DE ARCILLAS EN EL SECTOR DE CAMPOALEGRE – CIUDAD DE BARRANQUILLA.

Rodríguez, (2014) Señala que:

El propósito primordial de esta investigación fue verificar la propiedad del comportamiento geomecánico del material arcilloso presente en las laderas occidentales de Barranquilla, a partir de su caracterización física, micro estructural y geotécnica, en conjunto con la consideración de los factores geoambientales presentes en la zona de estudio.

Las características geotécnicas de los materiales en estados de humedecimiento – saturación (compresibilidad, expansión o colapso) fueron estudiadas mediante pruebas en celda edométrica con periodos de carga y descarga, en probetas de 50 mm de diámetro y 20 mm de altura, en ítems que se puede visualizar en una relación clara ante el esfuerzo vertical en campo y la presión de expansión independiente de la trayectoria orientada. El potencial de expansión está regulado en todo el perfil litológico por el esfuerzo vertical y nos arroja un parámetro de la influencia de la historia de esfuerzos en la deformación volumétrica. En términos de expansión libre no se ubican relaciones evidentes con las condiciones iniciales del material, El potencial de expansión / colapso bajo carga no depende directamente de la carga vertical aplicada antes de la saturación, sino más bien de las condiciones de fábrica y succión inicial del material.



Esta investigación aporta una noción clara en el aspecto teórico-práctico del comportamiento geomecánico (compresibilidad, expansión o colapso) que se presenta ante la presencia de muestras parcialmente saturadas, servirá como base para poder analizar mejor el comportamiento de los suelos con alto contenido en finos ante la presencia de intensas lluvias ya que por efecto de las mismas estas causaran efectos en las propiedades de la muestra.

TITULO: COMPORTAMIENTO VOLUMÉTRICO DE UN SUELO DE LA FORMACIÓN CAPDEVILA EN CONDICIONES DE SATURACIÓN PARCIAL.

García, (2015) Señala que:

El propósito del estudio es generar la gráfica de compresibilidad (e vs σ) en comportamientos de suelos húmedos parcialmente en su conformación, Capdevila iniciando con los valores experimentales y así obtener la gráfica de la curva de compresibilidad del suelo, se efectúa a partir de saber la curva de compresibilidad (e vs σ), sin embargo para el suelo húmedo y la gráfica de retención o propiedades del suelo para la obtención de la curva de compresibilidad (e vs σ) en comportamientos de humedad parcial a manera experimental del suelo fin de estudio, se utiliza un edómetro de succión regulada. La variación de volumetría global de un ensayo tiende a ser igual a la suma de los cambios parciales de volumen de cada fase, logrando el fundamento de continuidad.

El agua y las partículas sólidas son principalmente no comprimibles, los diferencias globales de volumen se origina por el agua que entra o sale de la muestra de suelo, el suelo de la formación Capdevila a proporción que reduce la relación de vacíos, este experimenta un alza, como el valor en el colapso, así la succión en el suelo, lo que arroja un elevado en el valor de la relación

de vacío del suelo ensayado, El modelo de Rojas y Alanís reproduce la gráfica de compresibilidad del suelo y el colapso de las pruebas de suelo de la conformación Capdevila de forma autorizada, aun así para prueba mostrada con una succión de 100 kPa la maqueta recreó un alto colapso en comparación al que experimenta la prueba mientras el ensayo de laboratorio y debería mayormente efectuar la alternativa de que el parámetro χ se hace igual al grado de humedad (S_r) y se ingresa un error, debido a el parámetro es cambiante y que depende del porcentaje de humedad, tipo de suelo, y la histéresis según los desplazamientos que haya seguido el suelo, cambiando el estado obtenido durante la recreación de la curva de compresibilidad.

Esta investigación aporta las variaciones que sufre el suelo, en cuanto a su deformación en función de la cantidad de vacíos, bajo una variación de esfuerzos, entre suelos saturados y parcialmente saturados evaluando la tendencia al colapso del material. Esto servirá para base para describir el comportamiento en asentamientos diferenciales en suelos parcialmente saturados.

TITULO: COLAPSO POR HUMEDECIMIENTO EN LOS TERRAPLENES DE LA AUTOPISTA PÁZTCUARO - URUAPAN.

Ibarra, (2016) Afirma que:

Analizar el estado mecánico de suelo limo compactado identificado de la región nororiente del estado de Michoacán, para comprender el porqué de las deformaciones en algunos de los terraplenes de la autopista Pátzcuaro-Uruapan, La prueba a definir el potencial de colapso que tiene el suelo, aplicando la prueba al colapso por saturación; las pruebas se efectuaron en un equipo convencional de consistencia, con brazo de palanca, pesas para el

sometimiento al esfuerzo y sin control de succión. En las pruebas se trató de mantener constante la cantidad de agua, antes de humedecer, no admitiendo la salida del agua por los discos vacíos; tipo especial de ensayos de suelos mojados parcialmente, El poder de colapso ASTM D (5333-03) tiene del ensayo P_10 fue de 2.9% y para el ensayo P_8 fue de 1%. La normativa mexicana no marca limitaciones en cuanto el colapso por saturación , por otro lado, la normativa Española (PG-3, 2002) evalúa que los suelos colapsables son los se afectan en una deformación superior a 1% cuando se saturan, compactándolos a la densidad máxima del ensayo Proctor normal; en ese enfoque, el suelo en análisis no es colapsable, ya que a 93% de grado de compactación colapsa 1%, de acuerdo con la Normativa Española el suelo no es catastrófico, el suelo se compacta al 93%, sin embargo dadas las condiciones de compactación de la normativa Mexicana (90%) el suelo es colapsable. Se concluye que la normativa mexicana de compactación de terraplenes estima un grado de compactación bajo, beneficia el colapso por saturación para este tipo de suelo.

Este estudio aporta un análisis del comportamiento de suelos finos como son suelo con contenido de limos compactados, analizados desde es el punto de vista de que este material este sometido a lluvias lo que hace que el material este parcialmente saturado y por lo cual desarrollo un cierto porcentaje de potencial de colapso, esto servirá para analizar el comportamiento en un material con características semejantes a la muestra en nuestra investigación, principalmente para el análisis del potencial de colapso en muestras con alto contenido en finos.

**TITULO: CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO Y ANÁLISIS DE RIESGOS
GEOTÉCNICOS VINCULADOS A LAS ARCILLAS EXPANDIBLES EN LA CIUDAD
DE TUXTLA GUTIÉRREZ.**

Ruiz, (2014) Manifiesta que:

Expandir la comprensión de las propiedades del subsuelo de la ciudad y en particular de las arcillas expansivas de la zona geotécnica A, se realizó un nuevo programa de estudio experimental de campo y laboratorio, se efectuó los procedimientos indirectos para la conclusión del potencial de expansión de las arcillas y con los procedimientos directos, se definió la presión de expansión para los diferentes contenidos de agua iniciales en los probetas ensayados, En el corte CX-2, en los perfiles que registran elevados contenidos de agua $w > 28\%$, las expansiones varían de 1.5 a 2.5% y para contenidos de agua $w < 22\%$, la variación de $E_{rv} \%$, es de 5 a 7.5%. En el perfil CV-1, existen continuidad en los perfiles de volumen de agua y en el estrato superior la intercalación de la expansión unitaria se registran valores en promedio de 5 a 7.5%. para propósitos de propiedades geotécnicas, estos parámetros de expansión conllevan a un potencial de expansión medio a muy alto, Se efectuó el análisis geoestadístico del contenido de agua y expansión.

El análisis se dio en condiciones de sequía, porque es adecuada y delicada para definir el potencial expandible de los estratos de arcilla. Mediante el método del kriging se definió la variación espacial de las variables geotécnicas contenido de agua ($w \%$) y expansión ($E_{rv} \%$). Los mapas de contornos y de riesgos geotécnicos obtenidos señalan que para las profundidades de 0.25 a 3 m predomina el riesgo de medio a alto y en el mapa



de 5 m predomina el riesgo bajo a medio.

Este trabajo aporta un enfoque diferente con base teórica, enfoque que se basa en el potencial de colapso y la expansión de la muestra, con respecto a la profundidad del estrato de la muestra y los riesgos geológicos a gran escala, pero que servirá para tener un enfoque a gran escala acerca de nuestra investigación y analizar la relación entre el contenido de agua, el potencial de colapso y la expansión de la muestra en condiciones parcialmente saturadas.

TITULO: INVESTIGACIÓN DEL CONGLOMERADO ESPECIAL EN LA CIUDAD DE TACNA.

Quispe, (2012) Indica que:

Evaluar la susceptibilidad al colapso y de cuantificación de su magnitud en el laboratorio con muestras inalteradas o compactadas de Los terrenos de las Pampas de Viñani - Tacna , El método directo de evaluación de la sensibilidad al colapso y de cuantificación de su capacidad son las pruebas en el laboratorio con muestras sin alterar o compactadas (especialmente en los finos) y las pruebas de carga in situ ya sea a escala natural o escala minimizada (especialmente en suelos gruesos) la dimensión del colapso depende de la capacidad de los esfuerzos aplicados y del grado de saturación, Las muestras que fue ensayada con la humedad natural de 0.46% colapsa a un esfuerzo de 14.83kg/cm². La deformación unitaria respectiva es 3.15%, que corresponde sólo a las características elásticas pudiéndose verificar que es relativamente baja, De la investigación del conglomerado especial se determina que se trata de un aglomerado colapsable puesto que reúne las propiedades para su identificación como son mínimo contenido de agua, la estructura no es macro porosa porque la relación de vacíos es reducida, la



estructura no está mal acomodada y es de naturaleza cementada por sales.

Esta investigación aporta un estudio detallado en función a la propiedad del potencial de colapso de una muestra que básicamente determina para que esfuerzo con respecto a una húmeda la muestra desarrolla un potencial de colapso suficientemente para ser considerada como un suelo colapsable, esto nos ayuda tener un mejor y más amplio conocimiento acerca del potencial de colapso en muestras una gran cantidad de finos, sometidos a condiciones de suelos parcialmente saturados.

TITULO: DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN ELÁSTICA Y EL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN SUELOS EXPANSIVOS MEDIANTE ENSAYOS DE EXPANSIÓN LIBRE Y CONSOLIDACIÓN.

Asto (2014) Determina que:

En suelos expansivos, el módulo de elasticidad y la deformación elástica se determinan en ensayos de expansión libre y consolidación, El ensayo de expansión libre: Este ensayo se efectuó en muestras sin modificar, tomando en cuenta a la Norma Técnica Peruana NTP 339.170: Método de ensayo normalizado para la definición de inflamamiento unidimensional o potencial de slump de suelos cohesivos, La prueba se efectuó con el propósito de tener suelos mayormente extensibles y estables para rehuir de modificaciones en su práctica esfuerzo-deformación, Las pruebas de expansión libre se aprovechó para generar la máxima expansión y tener suelos completamente estables debido a que las pruebas provienen de zonas con lluvias elevadas, y los suelos en condición natural han sido afectados por procedimientos expandibles anteriores, La expansión tiene un estado constante en todas las probetas analizadas, Se dio pase a las hipótesis presentadas las cuales nos permitió

tener cifras en el Módulo de Elasticidad en arcillas expansibles, para esto fue inevitable tener suelos completamente estables el cual se tiene a través de la prueba de expansión libre; tomando que la deformación es unidimensional y en dirección de la carga, se efectuó el ensayo de consolidación definiendo el estado elastoplástico (Modelo de Venant) y con el rebote elástico se determina el intervalo elástico, al someter periodos de carga y descarga con una carga definida en la gráfica de descarga de la prueba de consolidación hasta tener una histéresis similar al rango elástico.

Este estudio aporta el análisis del comportamiento que sufre suelos expansivos parcialmente saturados mediante el ensayo de expansión libre y relacionándola de forma directa con los resultados del ensayo de consolidación, lo cual servirá como base para un mejor análisis y descripción de los resultados en nuestra investigación en cuanto a expansión libre se refiere y al comportamiento de la misma.

TITULO: EMPLEO DE BOLSAS DE POLIETILENO PARA MEJORAR EL SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE EN JR. AREQUIPA, PROGRESIVA KM 0+000 - KM 0+100, DISTRITO DE ORCOTUNA, CONCEPCIÓN.

Condori (2016) Afirma que:

Al Analizar las características físicas y mecánicas que contribuyen en la extensión manejable del suelo a nivel de la subrasante del Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 del distrito de Orcotuna – Concepción, determinar las propiedades físico, mecánicas y químicas de las muestras, se determinaron mediante los procedimientos establecidos en el manual de ensayos de materiales para carreteras del MTC (EM – 2000), aprobado por R.D.N° 028- 2001-mtc/15.17 del 16-01-2001, Los especímenes son saturados

por 96 horas, con una sobrecarga equivalente al peso del pavimento que se empleará en el campo pero en ningún caso será menor que 4.50 kilos, es necesario mientras este periodo perdure tomar registros de expansión cada 24 horas y al final de la saturación tomar el porcentaje de expansión, El efecto de las bolsas de polietileno fundido incremento el CBR de suelo arcilloso con una dosificación de 6% del peso seco de suelo arcilloso y también redujo porcentualmente la expansión en un 36.85%, El CBR del suelo arcilloso es 4.15% al 95% de la máxima densidad seca y al adicionar bolsas de polietileno fundido al 6% del peso seco del suelo, con dimensiones amorfas pasante el tamiz 3/4” y retenido 3/8”, incrementó el CBR (California Ratio) a 7.98% al 95% de la máxima densidad seca debido a que las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos presenta propiedades de flexo compresión y también redujo porcentualmente la expansión 36.85%.

Esta investigación aporta desde un punto de vista distinto, que las propiedades en muestras de suelos arcillosos que, al agregarle ciertos porcentajes de bolsas de polietileno en función a su peso seco, modifica algunas de sus propiedades como el comportamiento de su expansión al estar esta muestra sometida a una condicione parcialmente saturada, aportando así un análisis del comportamiento de la propiedad de la expansión en una muestra compactada y alterada.

1.6. Bases Teóricas

1.6.1. Origen y formación de suelos:

El origen de los tiene como base fundamental las rocas y los cambios de la misma debido a las consecuencias de los fenómenos físicos, físico-químicos y biológico a los que está constantemente sometido.

Javier, (2011) afirma que:

Los suelos son generados por la intemperie y la erosión de las rocas, que son residuales o acarreados, en lo primero son los que ubican junto a la roca donde se originó y los transportados son los que son ubicados lejos de las rocas originarias, pues son medio de transporte: el agua, el viento, los glaciares, los animales y la gravedad, por ende son adiciones pétreos que tienen una composición mineral igual a la roca original, con diferencia de que los suelos son partículas con una dimensión de máximo de tres pulgadas (7.5 cm). Las partículas con dimensión se toman como partes de roca. Como propiedad concluyente para diferenciar las partes de rocas en los suelos, este tiene una dimensión máxima y mínima para determinarse como suelos o rocas que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1:
Identificación entre suelo y roca según su tamaño

TAMAÑO	DENOMINACIÓN
<i>Mayores de 2.0 mts.</i>	<i>Macizo rocoso</i>
<i>De 70.0 cm a 2.0 mts.</i>	<i>Fragmentos grandes de roca.</i>
<i>De 20.0 cm a 70.0 cm</i>	<i>Fragmentos medianos de roca</i>
<i>De 3" a 20.0 cm.</i>	<i>Fragmentos chicos de roca</i>
<i>No. 4 a 3"</i>	<i>Suelos gruesos (Grava).</i>
<i>No. 200 a No.4</i>	<i>Suelos gruesos (Arenas)</i>
<i>Pasa la malla No. 200</i>	<i>Suelos finos</i>

1.6.1.1.Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS)

El sistema de clasificación unificado USCS (Unified Soil Classification System),

designación ASTM D-2487, originalmente fue desarrollado A. Casagrande (1948), En la construcción de aeropuertos en la segunda guerra mundial, éste sistema de clasificación fue mas adelante reformulado en 1952 por el autor y los de ingenieros militares de los Estados Unidos haciendo que este sistema sea más aplicado en la ingeniería civil, vale acotar que no sean solo aplicables al campo de la aviación.

Tamaño mínimo (mm)	Tamaño máximo (mm)
300	-
75	300
4.76	75
0.075	4.76
0.002	0.075
	0.002

Tabla 2:
Clasificación según su tamaño de partículas

1.6.1.2. Tamaño de las partículas, según los sistemas de clasificación SUCS

Parte de la granulometría realizada, hasta el pasa número 200 (Granulometría por tamizado).

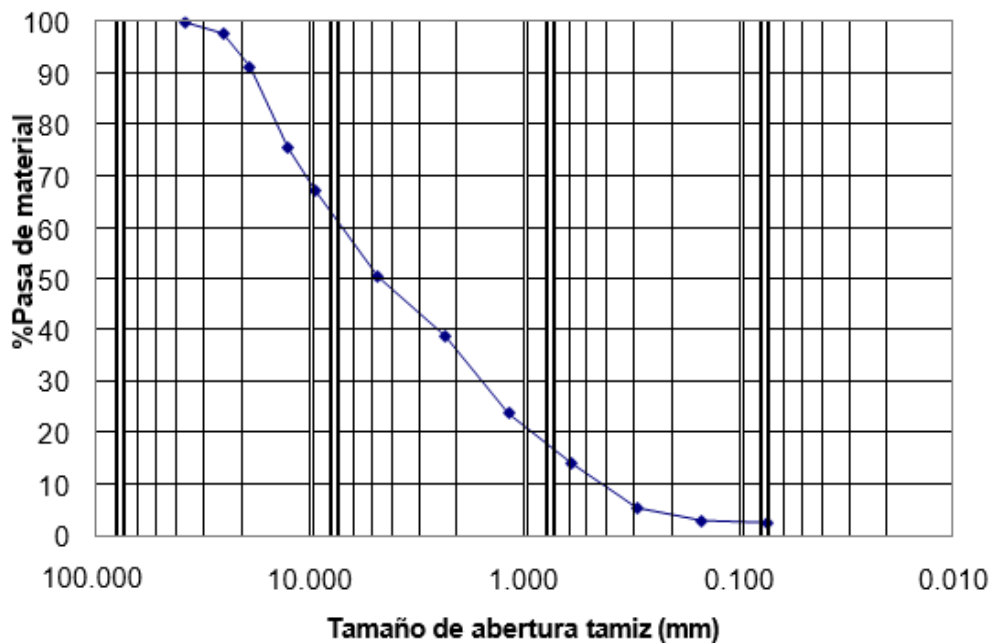
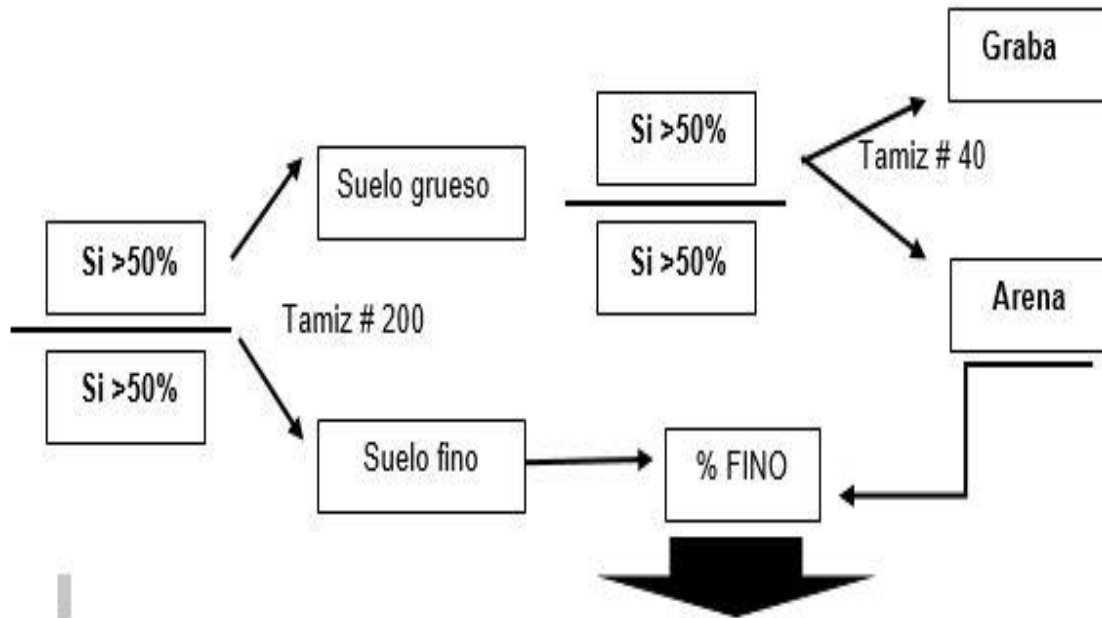


Figura 1: Curva granulométrica.

Fuente: Cauca, Velasco (2014), Mecánica de suelos I (Geotecnia)

1.6.1.2.1. Clasificación de Suelos (SUCS)



Grupo	Pasa No 200	Clasificación SUCS	Se evalúa
I	< 5%	GW	cu, cc
		GP	
		SW	
		SP	
II	5% - 12%	GW-GM	cu, cc, IP, LL
		GW-GC	
		GP-GM	
		GP-GC	
		SW-SM	
		SW-SC	
		SP-SM	
		SP-SC	
III	12% - 50%	GM	IP, LL
		GC	
		SM	
		SC	
IV	> 50%	ML (OL)	IP, LL
		MH (OH)	
		CL	
		CH	
		CL - ML	

Figura 2: Clasificación de suelos

Carta de plasticidad

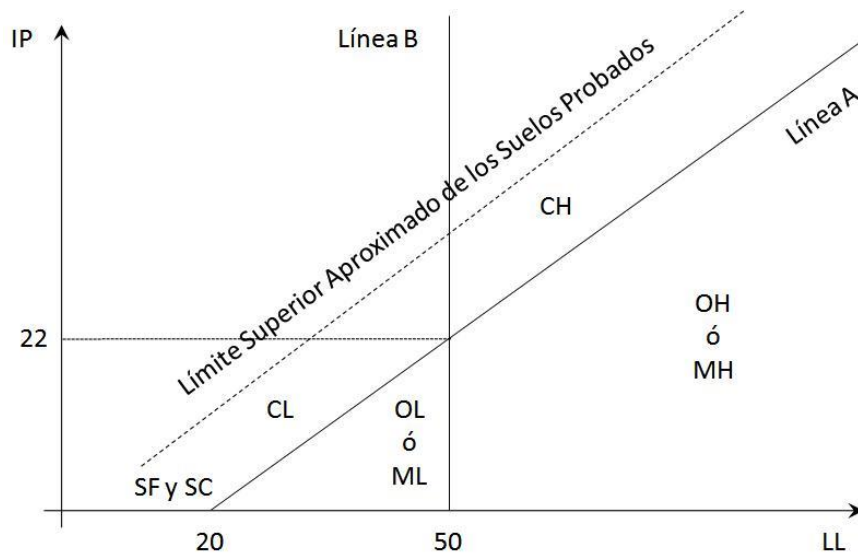


Figura 3: Carta de plasticidad

Fuente: Arthur, Casagrande (1942), Sistema de clasificación de aeropuerto.

Línea A	$IP = 0,73(LL - 20)$
Línea B	$LL = 50$
Línea U	$OP = 0,9(LL - 8)$

1.6.2. Suelos finos:

Los suelos son una constitución por partículas minúsculas de fragmentos de rocas. De acuerdo con, de acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm (a veces 0.060 dependiendo del tipo de clasificación), que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz nro. 200 es considerado como suelo fino pasante (%50) (SUCS 1952).

1.6.2.1. Clasificación de suelos finos(SUCS):

El sistema lo clasifica formando grupos y dándole un prefijo en letras mayúsculas que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

Tabla 3:
Sistema lo clasifica formando grupos

Tipo de suelo	Prefijo
Limos inorgánicos	M
Arcillas inorgánicas	C
Limos y arcillas orgánicas	O

Los grupos se dividen teniendo como base un rango de su límite líquido. Si estos son menores a 50%, son suelos son baja o medianamente en susceptibles a la compresibilidad, se le denomina con un símbolo L (low compressibility) .si su límite líquido es mayor a 50% entonces eta tiene una alta susceptibilidad ala compresibilidad se le denomina con un símbolo H (high compressibility).

Tabla 4:
Sistema lo clasifica formando sub-grupos

Sub Grupo	Prefijo
Limite Liquido Alto(>50%)	H
Limite Liquido Alto(<50%)	L

Los suelos con características exageradamente compresibles, tiene un grupo aislado que se identifica con las letras en mayúsculas PT (del inglés peat: turba)

- ✓ **Grupo CL:** está determinada por estar en la parte superior de la línea A de la carta de plasticidad, que es definido por $LL < 50\%$ e $IP > 7\%$
- ✓ **Grupo CH:** está determinada por estar en la parte superior de la línea A de la carta de plasticidad, que es definido por $LL > 50\%$.

Dónde: LL: limite líquido y IP: índice de plasticidad

- ✓ **Grupo ML:** Definida al estar en la parte inferior de la capa A de la carta de plasticidad, determinado por $LL < 50\%$. Y una parte sobre la línea A con un $IP < 4$.
- ✓ **Grupo MH:** Definida por hallarse en la parte inferior de la capa A de la carta de

plasticidad, que es definido por $LL > 50\%$.

En estos grupos se incluyen los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos como:

- ✓ Limos inorgánicos y polvo de roca, con $LL < 30\%$, están incluidos el grupo ML
- ✓ Los depósitos eólicos, del tipo loess, con $25\% < LL < 35\%$ usualmente, están incluidos en alguno de estos grupos
- ✓ Los suelos finos que son denominados CL-ML son los suelos que están incluidos en las zonas por encima de la línea A y con $4\% < IP < 7\%$.
- ✓ **Grupo OL y OH:** comparten lugares junto con los grupos ML y MH respectivamente, pero los suelos orgánicos siempre están las zonas aproximadas a la línea A, pero el hecho de tener partículas orgánicas coloidales, aunque de forma muy escasa sea el caso, induce a que el límite líquido(LL) de una arcilla aumente sin embargo el límite plástico no lo hace de forma apreciables, esto provoca que el suelo se dirija hacia la derecha de la plasticidad, colocándose a una mayor distancia de la línea A.
- ✓ **Grupo PT:** el límite líquido de este tipo de suelo pueden resultar entre 300% y 500%, colocándose en la parte inferior de la línea A; el índice de plasticidad generalmente esta entre 100% y 200%.

FINOS ($\geq 50\%$ pasa 0.08 mm)			
Tipo de Suelo	Símbolo	Lim. Liq. w _L	Indice de Plasticidad * I _P
limos inorgánicos	ML	< 50	< 0.73 (w _L - 20) ó < 4
	MH	> 50	< 0.73 (w _L - 20)
arcillas inorgánicas	CL	< 50	> 0.73 (w _L - 20) y > 7
	CH	> 50	> 0.73 (w _L - 20)
limos y arcillas orgánicos	OL	< 50	** w _L seco al horno ≤ 75 % de w _L seco al aire
	OH	> 50	
turba	P _t	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente.	
Si I _P \cong 0.73 (w _L - 20) ó si IP entre 4 y 7 e I _P > 0.73 (w _L - 20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH			
** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente w _L seco al horno			
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej: CH-MH en vez de CL-ML. Si w _L = 50; CL-CH ó ML-MH			

Tabla 5:
Sistema lo clasifica se suelos finos

1.6.2.2.Suelos finos parcialmente saturados:

Las propiedades mecánicas de los suelos finos como en general de cualquier tipo de suelos está sujeta a la interacción de las 3 fases físicas la sólida, líquida y la gaseosa.

Colmenares, (2002) Afirmó que:

La etapa líquida se alude al fluido que colma total ó parcialmente los poros existentes entre las partículas sólidas y puede variar en composición química de acuerdo a las propiedades geológicas y climáticas en que se localizan los materiales. Por último, la etapa gaseosa colma la parte de los poros que no están copados de líquido y su composición también puede variar en cortos intervalos de tiempo en función de las propiedades geológicas y climáticas.

La mecánica de suelos clásica toma como base considerando el suelo en 2 estados límites cuando este está completamente totalmente saturado ó seco.

Guzmán, (2015) afirma que:

La mecánica de suelos tradicional, tal como la concibió Karl Terzaghi en los años 30, se desarrolló sobre la hipótesis de que el suelo se encuentra en uno de los siguientes casos límite: completamente seco o completamente saturado (los poros del suelo se encuentran rellenos de un único fluido: aire, agua u otro). A través de esta hipótesis, una enorme simplificación fue conseguida para el estudio teórico y experimental del comportamiento del suelo. Sin embargo, un suelo totalmente seco o saturado rara vez se encuentra en la realidad, empero, dos fluidos suelen dividir los vacíos existentes en la estructura del suelo. (P.02)

Los suelos normalmente en la superficie están compuestos en su estado natural por 3 fases considerando que es un material poroso.

Cahuape, (2006) Afirma que:

Los suelos y rocas no son los sólidos ideales, si no que forman sistema de 2 o 3 fases: partículas solidas y gases, partículas sólidas y liquidas, o bien, partículas sólidas, gas y liquidas. El líquido es agua y el gas es de vapor de agua por lo tanto se habla de un medio “poroso”. A este medio se le caracteriza a través de su “porosidad” y a su vez esta propiedad condiciona la permeabilidad del medio o del material en estudio” (P. 03).

la porosidad de cada suelo conlleva a darle una permeabilidad variable según el estado en que se encuentra o al medio al que está sometido.

Los suelos permeables tienden a estar casi siempre relacionados a el tamaño de la partícula de la misma.

Franch, (2013) Afirma que:

Como regla general podemos considerar que, a menor tamaño de grano, menor permeabilidad, y para una granulometría semejante (arenas, por ejemplo) a mejor gradación, mayor permeabilidad. En cuanto al quimismo, y para el caso de arcillas y limos, la presencia de ciertos cationes (Sodio, Potasio) es un factor que disminuye la permeabilidad en relación a otros según el tamaño podemos tener un rango de valores de permeables. (P.01).

Alguna propiedad y sus comportamientos están sujetas a las partículas por las cuales está constituida el suelo.

Carnero, (2015) Afirma que:

Características como la resistencia, permeabilidad, deformación, el poder de retener agua y reacciones químicas de los materiales térreos, están administradas mayormente por su composición y las propiedades físicas de las partículas que los constituyen. La proporción relativa de tamaños de partículas tipo grava, arena, limo o arcilla, determinan la textura del suelo o roca. Los patrones en que tales partículas se ubican arregladas o dispuestas determinando la fábrica o estructura del suelo.

Rocha, (2016) Afirma que:

La clasificación de los suelos basada también teniendo en cuenta el tamaño de las partículas que componen el material del suelo, por el hecho de que se puede predecir el comportamiento. Manifiestan que los términos limo, grava, arcilla, arena y son empleados para señalar el tamaño de las partículas de la fase sólida del suelo denotado por su radio efectivo, o también para referirse a la textura de la fracción predominante que define su comportamiento. El

intervalo de dimensiones en las partículas sólidas de un material térreo está regulado en gran parte por su constitución mineralógica.

Las partículas que conforma los suelos finos por lo general son minerales.

Chávez, (2016) Encontró que:

Las partículas de limo y arena están constituidas mayormente de granos de cuarzo, debido a que este es el mineral más abundante y resistente a la meteorización en la superficie terrestre, las arcillas por su parte, han sido clasificadas en muchas especies minerales cada una con una estructura cristalina y comportamiento distintivos, las partículas de minerales en los suelos finos son componentes.

1.6.3. Comportamiento de los suelos

1.6.3.1. Interacción química

Olguín, (2011) Afirma que:

Los vacíos que permanecen en las partículas de un suelo, se llaman espacios, huecos, poros, o intersticios, están ocupados por aire o por agua, pues el suelo es un sistema conformado por una etapa mineral, llamada esqueleto mineral, más una etapa fluida o fluido intersticial, dicho líquido contribuye al deslizamiento de dos partículas, según la naturaleza química de los minerales que formen las partículas del suelo. En partículas muy pequeñas al someterla a una carga se unen las partículas por la reducción de la etapa intersticial, hallando un motivo que implica en la deformación completa y a esta interacción entre etapas, se le llama interacción química.

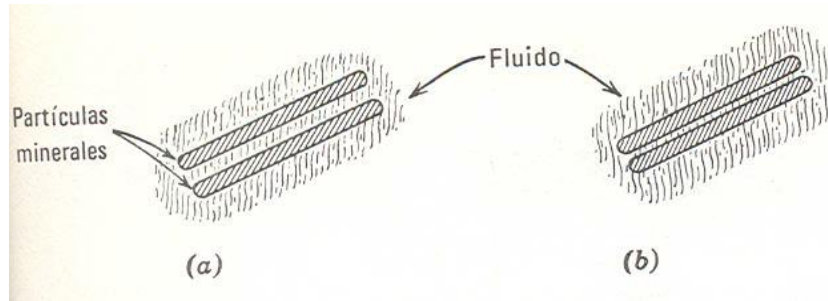


Figura 4: Partículas de líquido rodeando partículas de suelo.

Fuente: Carr. Pachuca. Francisco Javier (2011), Mecanica de Suelos I

1.6.3.2. Interacción física

Coca, (2011) Señala que:

Volviendo al contenedor con muestra de suelo, en sus vacíos ocupados completamente de agua, determinándose como suelo húmedo, primeramente, supongamos que la presión del agua es hidrostática que es: la presión igual en los poros en cualquier punto, siendo que es equivalente al peso específico del agua, por lo hondo la profundidad del punto tomado bajo la superficie del agua; en este caso no hay movimiento o flujo del agua.

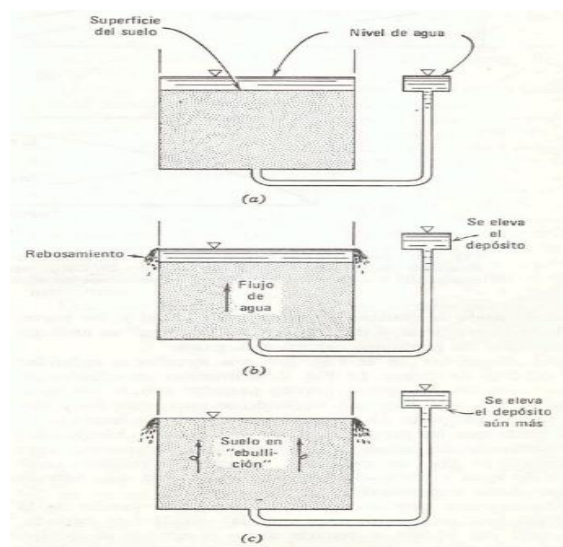


Figura 5: Interacción física, entre las fases mineral e intersticial, a). hidrostático, el agua no circula, b). Pequeño flujo de agua, c). sifonamiento o ebullición.

Fuente: Carr. Pachuca. Francisco Javier (2011), Mecanica de Suelos I

(Coca 2011) Manifiesta que:

Considerar que se eleva la presión del agua, así el nivel del contenedor permanece, este caso habrá un flujo mantenido de agua y el caudal del líquido que fluya, se encontrará en función de la sobrepresión sometida al fondo del contenedor, propiciando una característica del suelo llamada como permeabilidad.

Coca, (2011) Aduce que:

Si aumenta la sub-presión del agua, llegará a una presión que la arena hierve bajo el flujo ascensional del agua, interpretándose que ha alcanzado el estado sifonamiento ó de ebullición, indudablemente existió una interacción física entre el esqueleto mineral y el agua intersticial.

Coca, (2011) Aduce que:

Por medio del suelo, el agua puede circular, ejerciendo efecto sobre el esqueleto mineral que altera la dimensión de las fuerzas en los puntos de contacto entre partículas y predomina sobre la resistencia del suelo a la compresión y al esfuerzo cortante.

1.6.3.3.Comportamiento volumétrico

La probabilidad de tener suelos que pueden presentar un comportamiento expansivo o colapsable, o hasta mezclar dos fenómenos en un mismo desarrollo de humedecimiento si las tensiones exteriores son suficientemente elevadas o mínimas. Las deformaciones consideradas son globales del suelo, que determinan tanto los elementos recuperables como irre recuperables.

Alonso, (1987) Afirma que:

Al estudiar las deformaciones volumétricas de los suelos colapsables y expansivos, La carga aplicada controla, en medida, la cantidad de inflamamiento

de los suelos cuando le aplicamos una mínima la succión. Cuanto elevada es la carga sometida, bajo es el inflamamiento. En los suelos expandible, los procedimientos cíclicos de saturación y secado provienen una expandible sin recuperación plástica en la primera saturación y a partir de allí el estado es definitivamente elástico.

Mayormente los suelos pueden inflarse y colapsar dependiendo de la carga sometida, cuando se minimiza la succión. Para cargas altas el suelo colapsa, pero hincha con cargas mínimas, pero no es sencillo determinar el valor de la carga originando que el suelo infla o colapsa, debido que este estado depende de las cifras de succión, en pocas palabras un suelo que primariamente e infla al minimizar la succión, lograría a una cifra de la succión en el cual comienza a colapsar, siendo el producto global sea un inflamamiento en los suelos compactados, estas características están vinculados el hecho de que aquellos que se compactan del lado seco del óptimo presentan una estructura de aditivos, primero se genera el inflamamiento por la saturación, sin embargo la consistencia de las mezclas entre los aditivados reduce la succión de forma que al lograr tener un valor crítico que depende de la carga de forma inversa, la estructura colapsa.

Bucio, (2002) Señala que:

Unas configuraciones abiertas de suelos llegan a experimentar un colapso cuando se disminuye la succión. A medida que se eleva la carga aplicada, el colapso producido al saturar un suelo, eleva hasta llegar a un valor máximo, después del cual el colapso reduce.

La cantidad de carga que genera el colapso máximo, depende de otros

factores como tipo de suelo, la humedad inicial y la densidad seca inicial.

1.6.3.4. Comportamiento deformacional de los suelos no saturados.

1.6.3.4.1. Fenómeno de colapso

Bucio, (2002) Afirma que:

En suelos parcialmente saturados con una configuración abierta, al elevar el grado de saturación debido a cambios climáticos o de otro tipo, pueden producir reducciones volumétricas no recuperables sin que varíen las sollicitaciones externas del suelo (no aumento de la carga aplicada), este comportamiento se denomina colapso.

Bucio, (2002) Señala que:

El colapso es uno de los comportamientos más críticos de los suelos parcialmente húmedos y ha sido estudiados por varios editores, se pueden nombrar a Dudley 1970, Salas 1973, Maswoswe 1985, entre otros, que presentan las características que debe tener un suelo para que en él ocurra un colapso de configuración abierta, no saturada, tipo panal de abeja, capaz de reducir efectivamente su volumen a sustentada en minimizar el volumen de vacíos.

Un comportamiento exterior de carga necesariamente grande como para originar un estado de condición meta estable en sometimiento aplicado. El hallazgo de enlaces entre partículas, que se desgasten en presencia del agua.

Justo, (1975) Señala que:

Algunos materiales arcillosos de reducida y mediana plasticidad muestran un comportamiento combinado de hinchamiento y colapso cuando se humedecen, el cambio neto de volumen que experimenta un suelo arcilloso

cuando contacta con el agua es la suma de dos partes uno el hinchamiento que se genera al relajar las tensiones netas entre partículas y el otro el colapso que ocurre al fallar las uniones entre grandes partículas.

La deformación que se otorga al hinchamiento puede ser elástica, sin que corresponda al colapso, esta última depende de un reordenamiento de la estructura y es irreversible.

Kenight, (1975) Aduce que:

Un mismo suelo suele estar afectado por hinchamientos o colapso, sin ningún cambio de volumen de acuerdo con la densidad seca, la humedad, y la presión aplicada, al momento que se lo inunda, según el autor existe un cruce en las gráficas obtenidas de las pruebas efectuadas en un doble edómetro, que separa la zona de hinchamientos probables, de la zona de colapsos probables de Bucio en su publicación “INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS NO SATURADOS EN VÍAS TERRESTRES (2002)”.

1.6.3.4.2. Mecanismo de colapso

Bucio, (2002) Afirma que:

Encontró que un suelo que tiene tendencia a colapsar y que en general es estable mientras el grado de humedad es bajo a un cierto límite, a raíz del cual la llegada del agua puede debilitar los enlaces como para que se generen deslizamientos tangenciales en los contactos entre partículas.

1.6.3.4.3. Fenómeno de hinchamiento

Bucio, (2002) Afirma que:

Algunos suelos expansivos sufren fenómenos de inflamamiento de dimensión apreciable al elevar su saturación; mayormente el hinchamiento es cualquier

reducción de deformación volumétrica, por ejemplo, la producida al minimizar la tensión esférica, para el caso se considera a este elevado volumen inducido en el proceso de saturación permaneciendo constante la condición tensional exterior.

El procedimiento se genera cuando un suelo insaturado se moja absorbiendo agua entre sus partículas y aumentando de volumen, esta elevación de volumen tiene un componente en la relajación de las tensiones intergranulares al elevar el grado de humedad, es un hecho que se pueden cambiar estos dos comportamientos, absorción de agua y relajación tensional, con probable colapso, dependiendo de la estructura del suelo como la densidad seca, presión exterior, etc.

Mayormente el hinchamiento está vinculado a terrenos arcillosos plásticos con densidades secas altas y presiones exteriores bajas, diferente a lo cotidiano en procesos de colapso.

Bucio, (2002) Afirma que:

Los suelos no húmedos que contienen minerales arcillosos como la illita, la caolinita y la montmorillonita tienen la orientación a hinchar cuando se ponen están en contacto con el agua.

Lambe, (1959) Afirma que:

Se han referido exhaustivamente a estos minerales y consideran que la capacidad de hinchamiento de los minerales arcillosos expansivos, depende de los siguientes factores como estructura de los cristales; estructura del grupo de cristales y la capacidad de intercambio catiónico.

Bucio, (2002) Manifiesta que:

Los procesos que generan el hinchamiento están vinculados con las propiedades y características de las partículas arcillosas, son esenciales las cargas eléctricas netas existentes en estas partículas sobre todo por sustituciones isomorfas y la consiguiente la formación de la capa doble difusa.

1.6.3.4.4. Factores que afectan al hinchamiento

Ordóñez, (2014) Señala que:

“El proceso de hinchamiento de un terreno viene afectado por una serie de factores que condicionan su evolución y magnitud, resume estos factores en los siguientes”:

1.6.4. Lluvia

Lobios, (2013) Afirma que:

“La lluvia ó pluvia es un fenómeno atmosférico que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes”.

La lluvia se define como la precipitación de gotas de agua producida por la condensación de las nubes en la atmósfera con una dimensión por partícula de un mayor a 0.25 o de gotas menores que alcanza la superficie terrestre.

La lluvia se mide en milímetros al año, se considera menos de 200 muy escasas, entre 200 y 500 son escasas, entre 500 y 1.000 son normales, entre 1.000 y 2.000 son abundantes y más de 2.000 son demasiados. La lluvia depende de tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y esencialmente de la humedad atmosférica.

1.6.4.1. Origen de la lluvia

Lobios, (2013) Afirma que:

La lluvia se genera en diferentes tipos de nubes, mayormente nimbostratos y cumulonimbus, como en diferentes sistemas organizados de células conectivas, la permanencia de una lluvia acumulada necesita que las capas de

nubes se renueven permanentemente por un movimiento de ascenso que las sitúe en condiciones adecuadas para producir lluvia.






- **Lluvias de convección:** Al calentarse las capas bajas que están en contacto con la superficie terrestre, el aire se hace más ligero, se expande, pesa menos y sube. Al subir se enfría y se produce la precipitación. Es característico de las latitudes cálidas y de las tormentas de verano de la zona templada.
- **Lluvias orográficas:** Se producen cuando una masa de aire húmeda choca con un relieve montañoso y al chocar asciende por la ladera orientada al viento (barlovento); en la ladera opuesta a sotavento no se producen precipitaciones, porque el aire desciende calentándose y se hace más seco.
- **Lluvias frontales o ciclónicas:** Se da en latitudes templadas al entrar en contacto dos masas de aire de características térmicas distintas, como las provocadas por el frente polar (zona de contacto entre las masas de aire polares (frías) y tropicales (cálidas), Aparece acompañado de borrascas que son las causantes del tiempo inestable y lluvioso.
 - Frente frío
 - Frente cálido
 - Frente ocluido

1.6.4.2. Clasificación según su intensidad

Lobios, (2013) Afirma que:

La lluvia con relación a la cantidad de precipitación por hora es una de las definiciones más empleados en los medios de comunicación como es lluvia torrencial en la que comúnmente se vincula a los torrentes y por lo tanto a fenómenos como las inundaciones repentinas.

Tabla 6:
Clasificación de la precipitación según la intensidad

Tabla correspondencia intensidad de precipitación		
Color	Intens. (mm/h)*	Tipo de precipitación
	mayor a 250	Granizo de gran tamaño
	mayor a 250	Torrencial y granizo
	100 a 250	Torrencial y prob. granizo
	40 a 100	Lluvia muy fuerte a torrencial
	16 a 40	Lluvia fuerte
	6'5 a 16	Lluvia moderada
	2'5 a 6'5	Lluvia ligera
	1 a 2'5	Lluvia débil
	0'4 a 1	Lluvia muy débil
	0'1 a 0'4	Traza de precipitación

* 1 mm de precipitación es equivalente a 1 (l/m²)

1.6.4.3. Medición de la lluvia



Figura 6: *Medición por acumulación de lluvias*

Fuente: Mateo Lobios (2013), Lluvia

Lobios, (2013) aduce que:

La lluvia se mide en mm de agua o litros por unidad de superficie en metros cuadrados, la altura de la lámina de agua recolectada en una superficie plana es medida en mm o litros por metro cuadrado, 1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado.

- **Pluviómetro manual:** Indicador simple de la caída de lluvia, en un recipiente especial cilíndrico, de plástico, con escala graduada en donde todas las marcas están a igual distancia entre sí. La altura del agua que llena la jarra es equivalente a la precipitación y

se mide en mm.

- **Pluviómetros totalizadores:** Compuesto de un embudo o triángulo invertido, que mejora la precisión y recoge el agua en un recipiente graduado. A diferencia del anterior, cuanto más hacia abajo están, las marcas de los milímetros se van separando entre sí cada vez más, esto compensa el estrechamiento del recipiente. El mismo tiene esa forma para dar más precisión en lluvias de poco volumen y facilitar su lectura. El instrumento se coloca a una determinada altura del suelo y un operador registra cada 12 horas el agua caída. Con este tipo de instrumento no se pueden definir las horas aproximadas en que llovió.
- **Pluviógrafo de sifón:** consta de un tambor giratorio que, rota con velocidad constante, este tambor arrastra un papel graduado, en la abscisa se tiene el tiempo y en la ordenada la altura de la precipitación pluvial, que se registra por una pluma que se mueve verticalmente, accionada por un flotador, marcando en el papel la altura de la lluvia.
- **Pluviógrafo de doble cubeta basculante:** el embudo conduce el agua colectada a una pequeña cubeta triangular doble, de metal o plástico, con una bisagra en su punto medio. Sistema cuyo equilibrio varía por la cantidad de agua en las cubetas. La inversión se produce generalmente a 0,2 mm de precipitación, así que cada vez que caen 0,2 mm de lluvia la báscula oscila, vaciando la cubeta llena, mientras comienza a llenarse la otra.

Lobios, (2013) Afirma que:

La cantidad de lluvia que cae en un lugar se mide por instrumentos de medición denominados pluviómetros, expresado en milímetros y equivale a agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable durante el tiempo que dure.

1.7. Definición de términos básicos.

El autor define de las variables de estudio, asumidas como parte del trabajo de investigación, señala cómo comprende el investigador las mismas, así como la forma de controlarlas y evaluarlas (VER ANEXO 3).

1.8. Formulación de la hipótesis.

1.8.1. General

La alta intensidad de lluvias en la ciudad de Trujillo, influye negativamente en las propiedades volumétricas del suelo con alta cantidad de finos, provocando una expansión y el desarrollo de un potencial de colapso en el suelo.

1.8.2. Especificas

La alta intensidad de lluvias en Trujillo, influye negativamente en suelo de alta cantidad de finos provocando una expansión del mismo en un porcentaje no mayor al 0,5 %, La alta cantidad de humedad en los suelos causadas por la lluvia en la ciudad influye negativamente en el suelo con alta cantidad de finos provocando el desarrollo de un potencial de colapso que será menor a 10 % lo que definirá al suelo como no colapsable.



CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material:

➤ Materiales de escritorio

- Hojas de papel bond
- Lapiceros
- Laptop

➤ Instrumentos secundarios o auxiliares

- Palanas
- Cinta métrica
- Jalones

➤ Software

- Excel office 2010
- Word office 2010
- AutoCAD 2018
- S10

➤ Fuentes

- Reglamento nacional de edificaciones
- Libros
- Tesis
- informes

2.2. Humano.

Juan Carlos Alva Figueroa

Josualdo Carlos Villar Quiroz

2.3. Servicios.

Para la presente investigación no se requerirá servicios adicionales

2.4. Otros

2.5. Material de estudio.

2.5.1. Población.

Suelos con alto contenido en finos de Urb. UPAO II Etapa -Trujillo – La libertad

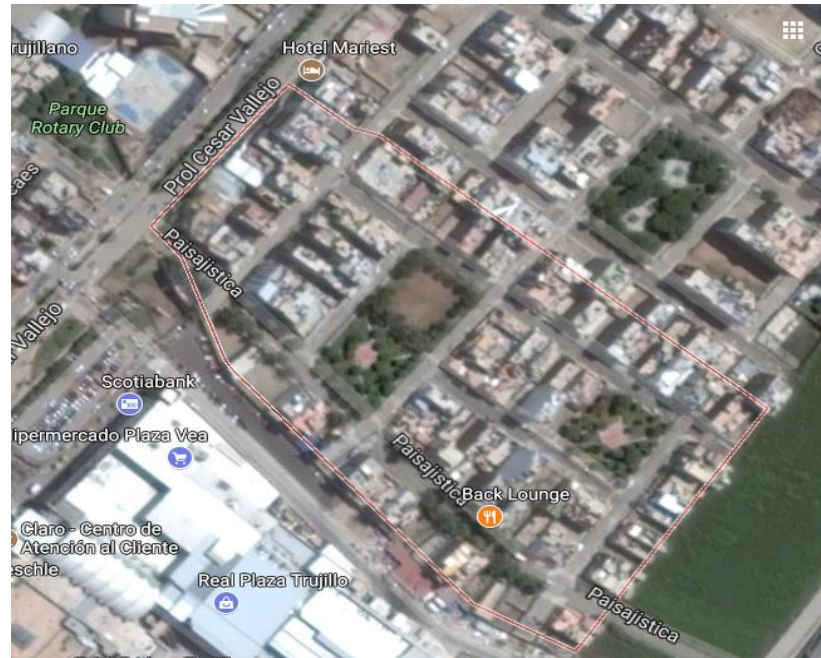


Figura 7: Plano de ubicación.

Fuente: google map

2.5.2. Muestra.

Para realizar la investigación de forma correcta, en función a la evaluación del terreno se procederá a realizar el estudio de mecánica de suelos de 1 punto de investigación ubicada estratégicamente en el área de terreno que abarca la urbanización UPAO II ETAPA – TRUJILLO-LA LIBERTAD, por lo cual se realizarán la cantidad de una calicata para extraer las muestras de este tipo de suelos.

2.6. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.6.1. Para recolectar datos.

2.6.1.1. Técnica

- Observación

Debido a que vamos seleccionar, observar y registrar las características del suelo en el terreno.

2.6.1.2. Instrumento

- Guía de observación

Donde se registran las características observadas del suelo al cual se está evaluando.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CALICATAS REALIZADAS EN _____			
URB. : _____		DEPARTAMENTO : _____	
DISTRITO : _____		COORDENADAS : _____	
CIUDAD : _____		ALTITUD : _____	
FECHA: _____		N°: _____	
SIMBOLO		PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
SUCS	GRAFICO		
			

Figura 8: Formato de Observación

Fuente: google map

2.6.1.3. Validación

Validado por el ingeniero civil y especialista en geotécnica José Huertas Polo con CIP:34570 y Gerente general de la empresa HUERTAS INGENIEROS S.A.C. en cuyo caso la hoja para constatar tal validación se encontrará como ANEXO N°1.

2.6.1.4. Procedimiento de recolección de datos



Figura 9: Formato de Observación

2.6.2. Para procesar datos.

2.6.2.1. Método de análisis de datos

- En la presente investigación el método usado es la Inferencia Estadística o estadística inferencial.
- La estadística inferencia es un método que nos permite inducir las propiedades de la muestra de suelo que estamos evaluando para así inferir en la influencia que produce la variable alta intensidad de lluvia en el suelo.

2.6.2.2. Instrumento de análisis de datos

- se utilizará el instrumento de análisis de datos llamado T-student
- en base a que la técnica T-student la cual se usa en caso de poblaciones pequeñas para un fácil manejo de las mismas demostrando y validando las hipótesis planteadas.

1°. Hipótesis:

H_0 : Los promedios de ambos grupos son iguales.

H_1 : Los promedios de ambos grupos son diferentes.

2°. Nivel de significancia: 0.10; 0.05; 0.01

3°. Decisión:

Si $p < 0.05$, rechazar la hipótesis H_0

Si $p \geq 0.05$, aceptar la hipótesis H_0

4°. Conclusión

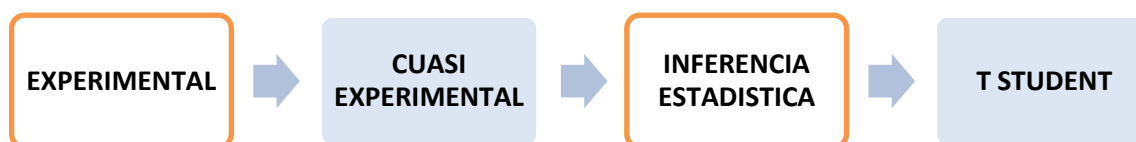


Figura 10: Tipo de Análisis

1°. **Hipótesis:**

H_0 : Los promedios del pre test es igual al post test.
 H_1 : Los promedios del pre test es diferente al post test.

2°. **Nivel de significancia: 0.10; 0.05; 0.01**

3°. **Valor Experimental (Estadístico de prueba):**

$$T_e = \frac{d}{s_{\bar{d}}} = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- : es el promedio de la diferencia de los puntajes de ambos grupos.
- : es la desviación estándar de las diferencias de los puntajes de ambos grupos.

4°. **Valor crítico (valor tabular):** $T_t = T_{(n-1, \alpha/2)}$

el cual tienen un distribución "T de Student" con n-1 grados de libertad, donde n= número de datos.

5°. **Decisión:**

Si rechazar la hipótesis H_0 si $T_e \geq T_t$.

6°. **Conclusión**

2.6.2.3. Análisis de datos

2.6.2.3.1. Prueba T STUDENT

Hipótesis:

- H_0 = el porcentaje de grano fino de los suelos encontrados es menor al 50 % por lo tanto es un suelo con poco contenido de finos
- H_1 = el porcentaje de grano fino de los suelos encontrados es mayor al 50 % por lo tanto es un suelo con alto contenido de finos

Nivel de significancia: 0.1; 0.05; 0.01

- Nivel de significancia: 5 % Proyectos de investigación

Valor experimental

- Grados de libertad: $df = n = 50$
- $d = 50$ $T_e = 7.071$

$$T_e = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}} = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

Valor crítico

- $n-1 = 49$ - $\alpha/2 = 0.025$

$$T_t = T_{(n-1, \alpha/2)}$$

Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

Figura 11: Valor crítico

Valor critico

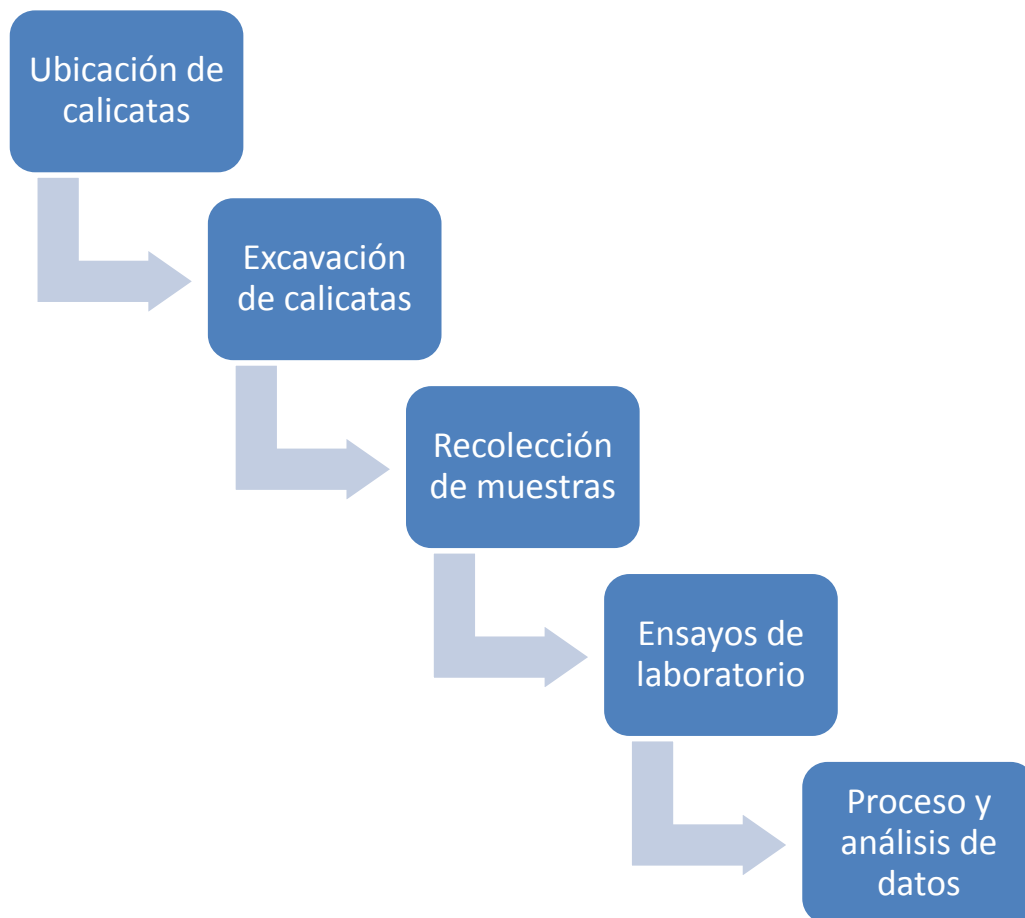
- NO se rechaza la hipótesis H_0

$$T_e < T_t$$

Conclusiones

- Se rechaza la afirmación realizada en la hipótesis nula, por lo tanto, el suelo es considera fino por tener más del 50 % de granos finos.

2.6.2.3.2. Procedimiento experimental.



2.7. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.7.1. Reducción de muestras de agregados a tamaños de ensayo

Esta práctica describe el método del cuarteo manual para la reducción de muestras de agregado al tamaño apropiado para la prueba empleando técnicas que están encaminadas a



minimizar las variaciones en características mensurables entre la muestra seleccionada para ensayo y la muestra total.

- **Material**

Muestra total a analizar que será dividida para tener un tamaño adecuado para la prueba a la que este destinada.

- **Equipo**

- Regla
- Cucharón fondo plano y borde recto
- Pala
- Brocha
- Lona de aprox. 2 x 2.5 m (6 x 8 pies).

- **Procedimiento**

- Coloque la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada donde no se produzca perdida de material ni adición accidental de material extraño.
- Mezcle el material, traspaleando la muestra entera al menos tres veces.
- En el último traspaleo formé con la muestra una pila cónica, depositando cada palada en la parte superior de la pila.
- Cuidadosamente aplane la pila cónica, presionando con una pala la parte superior del cono hasta obtener un espesor y diámetro uniforme, de tal forma que cada cuarto de la pila contenga el material que originalmente se encontraba en él.
- El diámetro deberá ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Divida con una pala o cuchara, la masa aplanada, en cuatro partes iguales y remueva los cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino, cepillando los espacios vacíos para limpiarlos.



- Mezcle y cuartee sucesivamente el material restante hasta reducir la muestra al tamaño requerido.

2.7.2. Análisis granulométrico por medio del hidrómetro

Fundamentado por la ley de Stokes, que nos dice que puede ser sometida a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños.

El hidrómetro se emplea para identificar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que se mantienen en suspensión en un tiempo definido, para ensayos de rutina con fines de clasificación, el análisis con hidrómetro se aplica a partículas de suelos que pasan el tamiz de 2,00 mm (N° 10).

- Material

Plancha de calentamiento.

Utensilios de uso general. Envases apropiados para el manejo y secado de las muestras y un par de guantes de asbesto o caucho.

- REACTIVOS

Agente dispersante. Una solución de hexametáfosfato de sodio; se usará en agua destilada o desmineralizada en proporción de 40 g de hexametáfosfato de sodio por litro de solución.

Las soluciones de esta sal deberán ser preparadas frecuentemente (al menos una vez al mes) o ajustar su pH de 8 a 9 por medio de carbonato de sodio. Las botellas que contienen soluciones deberán tener la fecha de preparación marcada.

Agua. Toda agua utilizada deberá ser destilada o desmineralizada. El agua para el ensayo con hidrómetro deberá llevarse hasta la temperatura que prevalecerá durante el ensayo; así, si el cilindro de sedimentación se va a colocar en baño de agua, la temperatura del agua destilada o desmineralizada que va a utilizarse se llevará a la temperatura de dicho baño. Si el

cilindro de sedimentación se coloca a la temperatura ambiente del laboratorio, el agua deberá tener dicha temperatura. La temperatura normal de ensayo es la de 20 °C. Sin embargo, variaciones de temperatura pequeñas, no implicarán el uso de las correcciones previstas.

- **Equipos**

Tres (3) balanzas, de sensibilidades 0,01 g; 0,1 g y 1 g.

Tamices, de 2,0 mm (N° 10) y de 74 µm (N° 200).

Tamizador mecánico.

Aparato agitador, mecánico o neumático, con su vaso (figuras 1 y 2). 4.1.5

Hidrómetro. Graduado para leer, de acuerdo con la escala que tenga grabada, el peso específico de la suspensión o los gramos por litro de suspensión. En el primer caso, la escala tiene valores de peso específico que van de 0,995 a 1,038 y estará calibrado para leer 1,00 en agua destilada a 20 °C. Este Hidrómetro se identifica como 151 H. En el otro caso la escala tiene valores de gramos de suelo por litro (g/L) que van de -5 a +60. Se identifica como 152 H y está calibrado para el supuesto que el agua destilada tiene gravedad específica de 1,00 a 20 °C y que el suelo en suspensión tiene un peso específico de 2,65. Las dimensiones de estos hidrómetros son las mismas; sólo varían las escalas (véase Figura 4).

Cilindro de vidrio, para sedimentación de unos 457 mm (18") de alto y 63,5 mm (2,5") de diámetro y marcado para un volumen de 1000 mL a 20 °C.

Termómetro de inmersión, con apreciación de 0,5 °C. 4.1.8 Cronómetro o reloj.

Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta 110 ± 5 °C.

- **Procedimiento**

El procedimiento consistirá de los siguientes pasos:

- Anótese en el formato toda la información existente para identificar la muestra, como por ejemplo: obra, número de la muestra y otros datos

pertinentes.

- Determínese la corrección por defloculante y punto cero, Cd, y la corrección por menisco, Cm, a menos que ya sean conocidas.
- Anótese toda esta información en el formato.
 - Determínese el peso específico de los sólidos, Gs (E 113).
 - Si el peso secado al horno se va a obtener al principio del ensayo, séquese la muestra al horno, déjese enfriar y pésese con una aproximación de 0,1 g, anótese en el formato el valor obtenido. Colóquese la muestra en una cápsula de 250 mL previamente identificada con un número, agréguese agua destilada o desmineralizada hasta que la muestra quede totalmente sumergida. Colóquese el agente dispersante en este momento: 125 mL de solución de hexametáfosfato de sodio (40 g/L).

Déjese la muestra en remojo por una noche hasta que los terrones de suelo se hayan desintegrado. Suelos altamente orgánicos requieren un tratamiento especial, y puede ser necesario oxidar la materia orgánica antes del ensayo. La oxidación puede ser llevada a cabo mezclando la muestra con una solución, al 30%, de peróxido de hidrógeno; esta solución oxidará toda la materia orgánica. Si el suelo contiene poca cantidad de materia orgánica, el tratamiento con peróxido de hidrógeno no es necesario.

- ✓ Transfiérase la muestra con agua, de la cápsula a un vaso de dispersión (figuras 1 y 2), lavando cualquier residuo que quede en la cápsula con agua destilada o desmineralizada. Agréguese agua al vaso de dispersión si es necesario, hasta que la superficie de ésta quede de 50 a 80 mm por debajo de la boca del vaso; si el vaso contiene demasiada agua, ésta se derramará durante el mezclado. Colóquese el vaso de dispersión en el aparato agitador durante un minuto.

- ✓ Para lograr la dispersión se puede emplear también aire a presión en lugar del método mecánico del agitador. En este caso, se coloca un manómetro entre el vaso y la válvula de control, la cual se abre inicialmente para obtener una presión de 0,07 kg/cm² (1 psi). Se transfiere la lechada de suelo-agua de la cazuela al vaso de dispersión, lavando con agua destilada el remanente de la cazuela, y rellenando si es necesario, con más agua destilada hasta el volumen de 250 mL. Se tapa el vaso y se abre la válvula de control hasta obtener una presión de 1,4 kg/cm² (20 psi). La dispersión se hará de acuerdo con la siguiente tabla:

Índice de plasticidad del suelo	Período de dispersión min.
Menor del 5%	5
Del 6% a 20%	10
Mayor del 20%	15

Los suelos que contienen altos porcentajes de mica se dispersarán durante un (1) minuto.

- ✓ Se transfiere la suspensión a un cilindro de sedimentación de 1000 mL. La suspensión debe ser llevada a la temperatura que se espera prevalecerá en el laboratorio durante el ensayo.
- ✓ Un minuto antes de comenzar el ensayo, tómesese el cilindro de sedimentación y tapándolo con la mano o con un tapón adecuado, agítase la suspensión vigorosamente durante varios segundos, con el objeto de remover los sedimentos del fondo y lograr una suspensión uniforme. Continúese agitando hasta completar un minuto volteando el cilindro hacia arriba y hacia abajo alternativamente. Algunas veces es necesario aflojar los sedimentos del fondo del cilindro, mediante un agitador de vidrio antes de proceder a agitar la lechada. Se deben ejecutar

sesenta (60) giros durante ese minuto.

- ✓ Alternativamente, la suspensión puede ser agitada antes de proceder al ensayo mediante un agitador manual, semejante al que se muestra en el esquema de la Figura 3. Moviendo dicho agitador hacia arriba y hacia abajo, a través de la suspensión, se consigue una distribución uniforme de las partículas de suelo. Este proceso evita también la acumulación de sedimentos en la base y en las paredes del cilindro graduado.
- ✓ Al terminar el minuto de agitación, colóquese el cilindro sobre una mesa.
- ✓ Póngase en marcha el cronómetro. Si hay espuma presente, remuévala tocándola ligeramente con un pedazo de papel absorbente. Introdúzcase lentamente el hidrómetro en la suspensión. Se debe tener mucho cuidado cuando se introduce y cuando se extrae, para evitar perturbar la suspensión.
- ✓ Obsérvense y anótense las dos primeras lecturas de hidrómetro, al minuto, y a los dos minutos después de haber colocado el cilindro sobre la mesa. Estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco. Inmediatamente después de realizar la lectura de los 2 minutos, extráigase cuidadosamente el hidrómetro de la suspensión y colóquese en un cilindro graduado con agua limpia. Si el hidrómetro se deja mucho tiempo en la suspensión, parte del material que se está asentando se puede adherir al bulbo, causando errores en las lecturas. Luego, introdúzcase nuevamente el hidrómetro y realícense lecturas a los 5; 15; 30; 60; 120; 250 y 1 440 minutos. Todas estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco formado alrededor del vástago. Inmediatamente después de cada una de estas lecturas, extráigase el hidrómetro cuidadosamente de la suspensión y colóquese en el cilindro graduado con agua limpia.

- ✓ Después de realizar la lectura de hidrómetro de los 2 minutos y después de cada lectura siguiente, colóquese un termómetro en la suspensión, médase la temperatura y anótese en la planilla con una aproximación de 0,5 °C. Los cambios de temperatura de la suspensión durante el ensayo afectan los resultados. Las variaciones en la temperatura deben ser minimizadas colocando el cilindro lejos de fuentes de calor tales como hornos, rayos de sol o ventanas abiertas. Una forma conveniente de controlar los efectos de la temperatura, es colocar el cilindro graduado que contiene la suspensión en un baño de agua. 6.11 Si el peso de la muestra se va a determinar al final del ensayo, lávese cuidadosamente toda la suspensión transfiriéndola a una cápsula de evaporación. Séquese el material al horno, déjese enfriar y determínese el peso de la muestra. El peso seco de la muestra de suelo empleada se obtendrá restándole a este valor el peso seco del agente defloculante empleado.
- CORRECCION DE LAS LECTURAS DEL HIDROMETRO
- ✓ Antes de proceder con los cálculos, las lecturas de hidrómetro deberán ser corregidas por menisco, por temperatura, por defloculante y punto cero.
- ✓ Corrección por menisco (Cm). Los hidrómetros se calibran para leer correctamente a la altura de la superficie del líquido. La suspensión de suelo no es transparente y no es posible leer directamente a la superficie del líquido; por lo tanto, la lectura del hidrómetro se debe realizar en la parte superior del menisco. La corrección por menisco es constante para un hidrómetro dado, y se determina introduciendo el hidrómetro en agua destilada o desmineralizada y observando la altura a la cual el menisco se levanta por encima de la superficie del agua. Valores corrientes de Cm son:

Hidrómetro tipo 151 H: $C_m = 0,6 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$

Hidrómetro tipo 152 H: $C_m = 1,0 \text{ g/litro}$.

- ✓ Corrección por temperatura (C_t). A cada una de las lecturas de hidrómetro se debe aplicar también un factor de corrección por temperatura, el cual debe sumarse algebraicamente a cada lectura. Este factor puede ser positivo o negativo, dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar cada lectura. Obténgase el valor del factor de corrección por temperatura para cada lectura de hidrómetro empleando la Tabla 2 y anótense estos valores en su planilla.
- ✓ Corrección por agente de dispersión y por desplazamiento del punto cero (C_d).
- ✓ Los granos de suelos muy finos en suspensión tienden normalmente a flocular y se adhieren de tal forma que suelen precipitarse juntos. Por lo tanto, es necesario añadir a las muestras un agente de disgregación para evitar la floculación durante el ensayo. Los agentes defloculantes siguientes han sido utilizados satisfactoriamente para la mayoría de los suelos:
 - ✓ Peso específico del sólido en suspensión: $G = 2,55$
 - ✓ Para hidrómetro tipo 152-H busque C_t en la columna de la derecha (gr/litro).
 - ✓ Para hidrómetro tipo 151-H busque C_t en la columna de la izquierda
 - ✓ $\{(g / \text{cm}) \times 103\}$
 - ✓ Los valores tabulados fueron calculados por la expresión:

$$C_t = [\gamma_{W_{20}} - \gamma_{W_t} - \alpha (T - 20)] \times 10^3 \text{ g/cm}^3$$

$$C_t = [\gamma_{W_{20}} - \gamma_{W_t} - \alpha (T - 20)] \times \frac{2,65}{1,65} 10^3 \text{ g/cm}^3$$

Donde:

- T = Temperatura de la suspensión en °C
 $\gamma_{W_{20}}$ = Peso unitario del agua a 20 °C
 γ_{W_t} = Peso unitario del agua a T °C
 α = Coeficiente de dilatación volumétrica del hidrómetro ($\alpha = 2,5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$)

Agente defloculante	Fórmula
Hexametáfosfato de sodio	NaPO ₃ ó (NaPO ₃) ₆

Tabla 2
Valores de Ct para la corrección por temperatura de las lecturas del hidrómetro

Temp. C	Ct	
	Hidrómetro graduado en	
	Densidad (gr/cm ³) x 10 ³	Concentración (gr/litro)*
10	-1,3	-2,0
11	-1,2	-1,9
12	-1,1	-1,8
13	-1,0	-1,6
14	-0,9	-1,4
15	-0,8	-1,2
16	-0,6	-1,0
17	-0,5	-0,8
18	-0,3	-0,5
19	-0,2	-0,3
20	0,0	0,0
21	0,2	0,3
22	0,4	0,6
23	0,6	0,9
24	0,8	1,3
25	1,0	1,7
26	1,3	2,0
27	1,5	2,4
28	1,8	2,9
29	2,0	3,3
30	2,3	3,7

- ✓ La adición de un agente defloculante produce aumento en la densidad del líquido y obliga a realizar una corrección a la lectura del hidrómetro observado. Así mismo, como la escala de cada hidrómetro ha sido graduada para registrar una lectura cero o lectura inicial a una temperatura base, que generalmente es 20 °C, existirá un desplazamiento del punto cero, y las lecturas de hidrómetro observadas también deberán corregirse por este factor.



- ✓ La corrección por defloculante se determina generalmente en conjunto con la corrección por punto cero; por ello se les denomina "corrección por defloculante y punto cero".

El procedimiento para determinar la corrección por defloculante y punto cero consistirá en los pasos siguientes:

Se selecciona un cilindro graduado de 1000 mL de capacidad y se llena con agua destilada o desmineralizada con una cantidad de defloculante igual a la que se empleará en el ensayo. Si en el ensayo no se va a utilizar defloculante, llénese el cilindro sólo con agua destilada o desmineralizada. En este caso la corrección será solamente por punto cero. Realícese, en la parte superior del menisco, la lectura del hidrómetro e introdúzcase a continuación un termómetro para medir la temperatura de la solución. Calcúlese la corrección por defloculante y punto cero (Cd) mediante la fórmula:

- CALCULOS

$$Cd = \tau' + Cm \pm Ct$$

Donde:

τ'	=	Lectura del hidrómetro, en agua con defloculante únicamente
Cm	=	Corrección por menisco
Ct	=	Corrección por temperatura, sumada algebraicamente.

Lectura de hidrómetro corregida. Calcúlese las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco (R) sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregida (R').

Lectura de hidrómetro corregida. Calcúlese las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco (R) sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregida (R'), la corrección por menisco Cm , o sea:

$$R = R' + Cm$$

Anótense en la planilla los valores de R obtenidos

Cálculo del diámetro de las partículas (D). Determinése el diámetro de las partículas correspondientes a cada lectura de hidrómetro empleando el nomograma de la Figura 7. En este nomograma, la escala (R) correspondiente a las profundidades efectivas (L) (véase Tabla 1), se elaborará empleando la curva de calibración correspondiente al hidrómetro que se va a emplear en el ensayo (Figura 6). La secuencia de los pasos a seguir para calcular el diámetro de las partículas (ID) mediante el nomograma de la Figura 7, se indica esquemáticamente en la parte inferior derecha de dicha figura.

El diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el momento de realizar cada lectura de hidrómetro se puede calcular también con la fórmula siguiente:

$$D \text{ (mm)} = K \sqrt{(L / t)}$$

Donde:

L = Profundidad efectiva en cm
t = Tiempo transcurrido en min.

$$K = \sqrt{\frac{30 \times \mu / g}{\tau_s - \tau_w}}$$

Donde:

g = Aceleración gravitacional = 980,7 cm/s²
μ = Coeficiente de viscosidad del agua en Poises
τ_s = Peso unitario de los sólidos del suelo en gr/cm³
τ_w = Peso unitario del agua destilada, a la temperatura T, en g/cm³.

Cálculo del porcentaje más fino. Para calcular el porcentaje de partículas de diámetro más fino que el correspondiente a una lectura de hidrómetro dada, utilice las fórmulas siguientes:

Para hidrómetros 151 H

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{G_s}{G_s - 1} \times \frac{100}{W_o} \times (R - C_d \pm C_t)$$

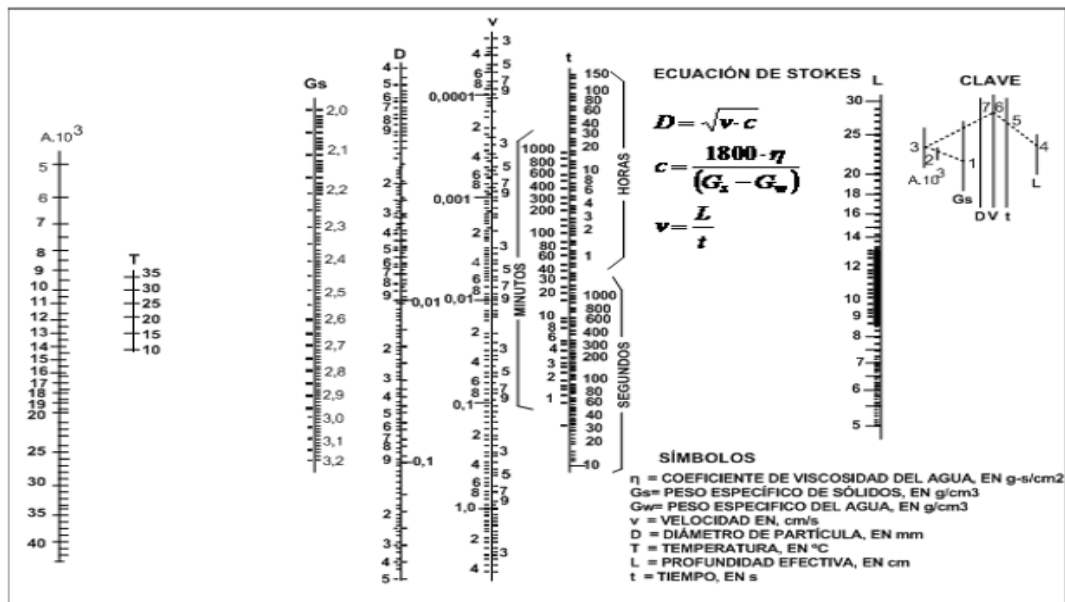
Para hidrómetros 152 H

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{100 \times a}{W_o} \times (R - C_d \pm C_t)$$

Donde:

- G_s = Peso específico de los sólidos (modo operativo MTC E 205)
- W_o = Peso de la muestra de suelo secado al horno que se empleó para el análisis del hidrómetro.
- (R - C_d + C_t) = Lectura de hidrómetro corregida por menisco menos corrección por defloculante y punto cero, más (sumada algebraicamente) corrección por temperatura.
- a = Factor de corrección por peso específico (véase Tabla 4).

Anótense todos los valores obtenidos en su planilla. El factor C_t puede ser positivo o negativo dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar la lectura. Útese la fórmula (R - C_d + C_t) dependiendo si C_t es positivo o negativo.



NOMOGRAMA PARA EL CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE PARTÍCULAS

2.7.3. OBSERVACIONES

Los siguientes errores posibles causarían determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por hidrómetro.

- ✓ Suelo secado al horno antes del ensayo. Excepto para el caso de suelos inorgánicos de resistencia seca baja, el secado al horno puede causar cambios permanentes en el

tamaño de las partículas.

- ✓ Agente dispersante no satisfactorio o en cantidad insuficiente. Siempre y cuando se vayan a ensayar suelos nuevos o no usuales, es necesario realizar tanteos para determinar el tipo y la cantidad de compuesto químico que producirá la dispersión y de floculación más efectivas.

Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas en el análisis hidrométrico

Tem	Peso específico de las partículas del suelo								
	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
10	0,01659	0,01631	0,01604	0,1583	0,1555	0,01532	0,01510	0,01488	0,01468
11	0,01636	0,01608	0,01582	0,01557	0,01533	0,01511	0,01489	0,01468	0,01448
12	0,01613	0,01586	0,01560	0,01535	0,01512	0,01490	0,01468	0,01448	0,01428
13	0,01591	0,01565	0,01539	0,01515	0,01492	0,01470	0,01449	0,01428	0,01409
14	0,01571	0,01544	0,01519	0,01495	0,01474	0,01451	0,01430	0,01410	0,01391
15	0,01551	0,01525	0,01500	0,01476	0,01454	0,01432	0,01412	0,01392	0,01373
16	0,01530	0,01505	0,01481	0,01457	0,01435	0,01414	0,01394	0,01374	0,01356
17	0,01521	0,01486	0,01462	0,01439	0,01417	0,01396	0,01376	0,01356	0,01338
18	0,01492	0,01467	0,01443	0,01421	0,01399	0,01378	0,01359	0,01339	0,01321
19	0,01437	0,01449	0,01425	0,01403	0,01382	0,01361	0,01342	0,01323	0,01305
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01386	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01309	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01353	0,01332	0,01312	0,01294	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01279	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01365	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01219	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01327	0,01304	0,01283	0,01264	0,01244	0,01225	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,01290	0,01269	0,01249	0,01230	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01236	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

- ✓ Dispersión incompleta del suelo en la suspensión. Agitación insuficiente de la suspensión en el cilindro al comienzo del ensayo.

Demasiado suelo en suspensión. Los resultados del análisis hidrométrico serán afectados si el tamaño de la muestra excede las cantidades recomendadas.

Los valores tabulados fueron calculados por la expresión:

$$K = \sqrt{\frac{30 \mu}{980 (G-1) \gamma_w}}$$

Donde:

- μ = viscosidad dinámica del agua en Poises
- G = peso específico de las partículas de suelo.
- γ_w = peso unitario del agua (gr/cm^3)

Valores del coeficiente de corrección para distintos pesos específicos de las partículas del suelo

Peso Específico	Coeficiente "a"	Peso Específico	Coeficiente "a"	Peso Específico	Coeficiente "a"
2,45	1,05	2,60	1,01	2,75	0,98
2,50	1,03	2,65	1,00	2,80	0,97
2,55	1,02	2,70	0,99	2,85	0,96

Perturbación de la suspensión cuando se introduce o se remueve el hidrómetro. Tal perturbación es muy corriente que ocurra cuando el hidrómetro se extrae rápido después de una lectura.

El hidrómetro no está suficientemente limpio. La presencia de polvo o grasa en el vástago del hidrómetro puede impedir el desarrollo de un menisco uniforme.

Calentamiento no uniforme de la suspensión. Variación excesiva de la temperatura de la suspensión durante el ensayo.

Pérdida de material después del ensayo. Si el peso del suelo secado al horno se obtiene después del ensayo, toda la suspensión debe ser lavada cuidadosamente del cilindro

2.7.4. Limite líquido

- Materiales

Suelo seco que pase la malla n° 40

- Equipos

- Malla n° 40



- Copa de Casagrande
- Ranurador
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Estufa
- Espátula
- Probeta de 100ml
- Capsula de porcelana
- Taras

- **Procedimiento**

- En una capsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme
- Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes.
- Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm. Registrar el número de golpes.
- Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha dado alto,

o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35).

- Lavar y secar la copa y el acanalador
- Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.
- Dibujar la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica en el eje de abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.



Cuchara Casagrande

2.7.5. Límite plástico

- Materiales

Suelo seco que pase la malla n° 40

- Equipos

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa
- Espátula
- Cápsula de porcelana

- Placa de vidrio
- Taras

- Procedimiento

- La porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad
- Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm. de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad

Repetir el ensayo una vez más.

- El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad



Límite Plástico

2.7.6. Clasificación de suelos SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, (2012).

Aquel sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para mostrar la textura y el tamaño de las partículas de un suelo, puede ser sometido en gran medida de los materiales sin consolidar y se muestra a través de un símbolo con dos letras, cada letra es descrita debajo (con la

excepción de Pt).

Para clasificar el suelo se tiene que efectuar realizar anticipadamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros, así mismo se le llama clasificación modificada de Casagrande.

El método SUCS presenta diversa nomenclatura; para suelos granulares, las siglas son G (grava), S (arena), W (bien graduada) y P (mal graduada). Para suelos finos la nomenclatura es M (limo), C (arcilla), H (alta compresibilidad) y L (baja compresibilidad). Y para los suelos orgánicos la sigla es Pt (turba).

El procedimiento para la clasificación de suelos viene descrito de la siguiente forma:

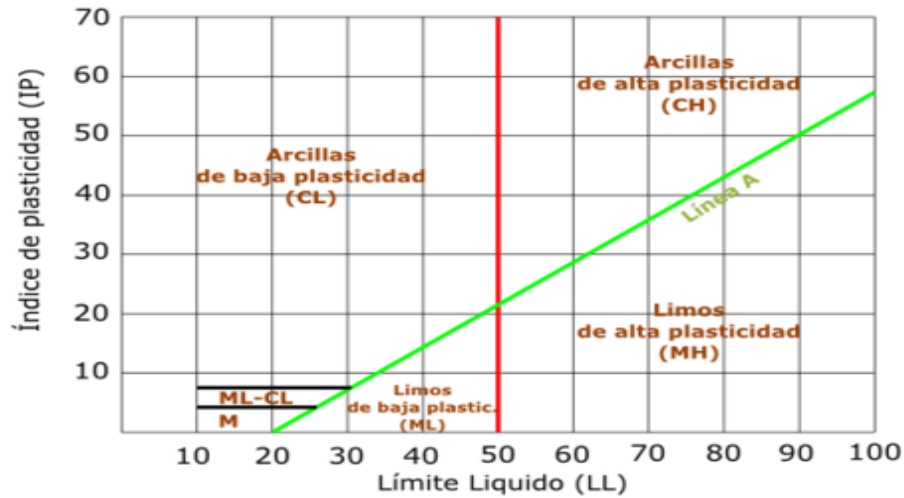
- Descartar que el suelo sea un Pt.
- Determinar si el suelo es fino o granular:
 - Granular..... % pasando # 200 < 50%.
 - Fino..... % pasando # 200 \geq 50%.
- Si el suelo es granular, seguir los siguientes pasos:
 - Determinar si es grava o arena: Si Ret. #4 > 50% Ret. #200, hay más grava que arena, por lo que es un suelo tipo grava.
 - Si Ret. #4 \leq 50% Ret. #200, hay más arena que grava, por lo que es un suelo tipo arena.
- Determinar si G ó S está limpia, intermedia o sucia:
 - Limpia, si el % pasa #200 es < 5%. Determinar si es W ó P.
 - Intermedia, si el % pasa #200 está entre 5 y 12%. Determinar si es W ó P.
Determinar si está contaminada con M ó C.
 - Sucia, si el % pasa #200 es > 12%. Determinar si está contaminada con M ó C.
- Para determinar si el suelo es W o P se utiliza el C_c y el C_u.

- Para las gravas, es W si $u > 4$, $1 < c < 3$, es P si incumple alguno de los dos parámetros.
- Para las arenas, es W si $u > 6$, $1 < c < 3$, es P si incumple alguno de los dos parámetros.
- Si el suelo es fino, determinar directamente la clasificación por medio de la carta de plasticidad, conociendo el límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP).
- Determinar si el suelo es inorgánico (M ó C) u orgánico (O)
- Determinar el nombre del grupo utilizando el cuadro respectivo
- Diagrama de flujo para suelos tipo grava y arenosos

Símbolo de grupo		Nombre de grupo
GW	$< 15\%$ arena	Grava bien graduada
GP	$\geq 15\%$ arena	Grava bien graduada con arena
GP	$< 15\%$ arena	Grava mal graduada
GP	$\geq 15\%$ arena	Grava mal graduada con arena
GW-GM	$< 15\%$ arena	Grava bien graduada con limo
GW-GC	$\geq 15\%$ arena	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	$< 15\%$ arena	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
GW-GC	$\geq 15\%$ arena	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	$< 15\%$ arena	Grava mal graduada con limo
GP-GC	$\geq 15\%$ arena	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	$< 15\%$ arena	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
GP-GC	$\geq 15\%$ arena	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	$< 15\%$ arena	Grava limosa
GC	$\geq 15\%$ arena	Grava limosa con arena
GC	$< 15\%$ arena	Grava arcillosa
GC-GM	$\geq 15\%$ arena	Grava arcillosa con arena
GC-GM	$< 15\%$ arena	Grava limo-arcillosa
GC-GM	$\geq 15\%$ arena	Grava limo-arcillosa con arena
SW	$< 15\%$ grava	Arena bien graduada
SP	$\geq 15\%$ grava	Arena bien graduada con grava
SP	$< 15\%$ grava	Arena mal graduada
SP	$\geq 15\%$ grava	Arena mal graduada con grava
SW-SM	$< 15\%$ grava	Arena bien graduada con limo
SP-SC	$\geq 15\%$ grava	Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	$< 15\%$ grava	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
SP-SC	$\geq 15\%$ grava	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	$< 15\%$ grava	Arena mal graduada con limo
SP-SC	$\geq 15\%$ grava	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	$< 15\%$ grava	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
SP-SC	$\geq 15\%$ grava	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	$< 15\%$ grava	Arena limosa
SC	$\geq 15\%$ grava	Arena limosa con grava
SC	$< 15\%$ grava	Arena arcillosa
SC-SM	$\geq 15\%$ grava	Arena arcillosa con grava
SC-SM	$< 15\%$ grava	Arena limo-arcillosa
SC-SM	$\geq 15\%$ grava	Arena limo-arcillosa con grava

Clasificación de suelos

- Carta de plasticidad



Grafica de Plasticidad USCS

2.7.7. Ensayo de humedad

Este ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de humedad de un suelo

- **Material**

Para los contenidos de humedad, se empleará la cantidad mínima de espécimen especificada en la norma ASTM D – 4318.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla Estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 mm (N° 4)	100 g	20 g*
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	19.050 mm (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm	38.1 mm (1½")	10 kg	1 kg
75.0 mm	76.200 mm (3")	50 kg	5 kg



- **Equipos**

- Horno de secado
- Balanzas
- Recipientes
- Utensilios de manipulación de recipientes

- **Procedimiento**

- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo lo indicado en anteriormente.
- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen.
- Registrar este valor.
- Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.



- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en 8.3. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

- CALCULOS

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W = es el contenido de
humedad, (%)

WW = Peso del agua

WS = Peso seco del
material

= es el peso de tara más el suelo
húmedo, en gramos

= es el peso de tara más el suelo secado en
horno, en gramos:

Wt = es el peso de tara, en gramos



Horno de cocción

2.7.8. Expansión libre

En este ensayo se determina el porcentaje de expansión que sufre el suelo cuando entra en contacto con el agua.

- Materiales y equipos

Consolidómetro

Muestra de Suelo

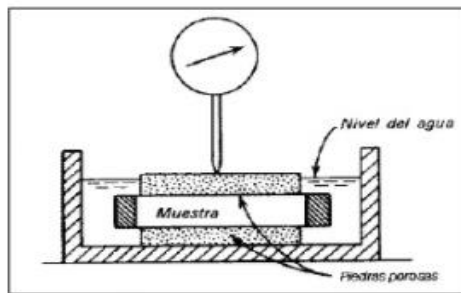
Dial

Cronometro

- Procedimiento

- se moldea el suelo con las dimensiones del anillo
- Se extraen tres muestras del suelo con sus respectivos pesos y se envía al horno durante 24 horas para obtener la humedad inicial del suelo.
- Se monta el anillo con la muestra correspondiente en el consolidómetro y se coloca agua en el mismo para que comience la expansión.

- En este ensayo se procede a dejar que la muestra se expanda sin proporcionarle ninguna carga.
- Se realizan lecturas de deformímetro cada cierto tiempo.
- Cuando el deformímetro permanezca invariable aproximadamente a las 24 horas de iniciado el ensayo se procede a leer el mismo, desmontarlo y sacar tres muestras para obtener la humedad final.



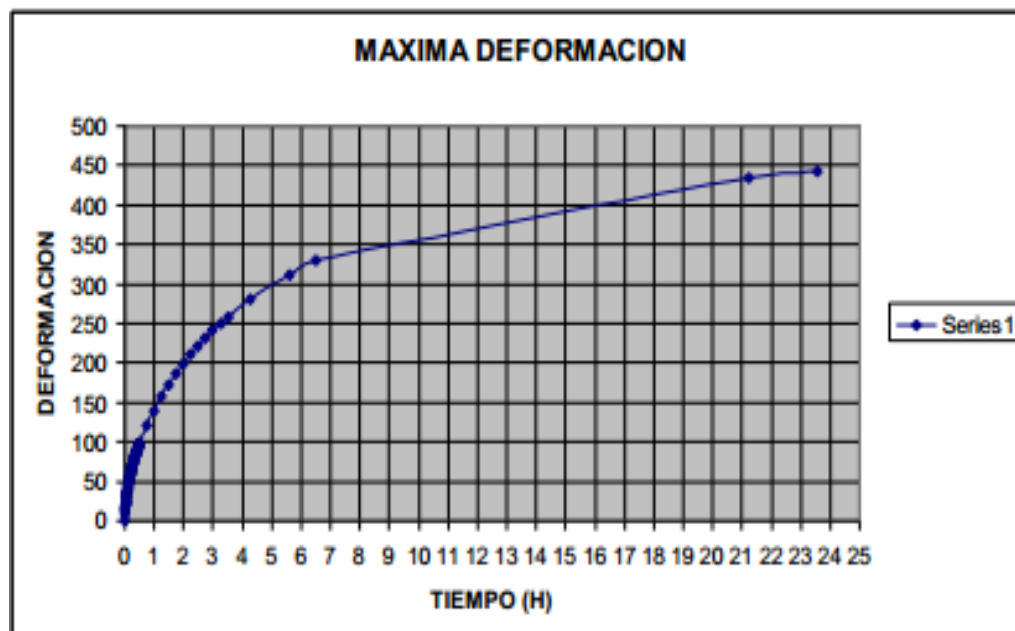
Esquema expansivo

- Cálculo

$$\% \epsilon = (L_i - L_f) \times 100 / H$$

$$\% \epsilon = (L_i - L_f) \times 100 / 0.75'' \text{ (En caso de ser utilizado el consolidómetro)}$$

- Se gráfica, expansión vs tiempo



2.7.9. Potencial de colapso

Su finalidad es determinar o evaluar la susceptibilidad al colapso de una muestra de suelo, la que podrá sufrir un asentamiento adicional originado por la inundación de la muestra.

- **Materiales**

Método para muestras inalteradas. Mediante este método, se determina el potencial de colapso de un suelo en estado natural, destinado a ser soporte de cimentaciones superficiales u obras hidráulicas, ya que estas construcciones son las más propensas a resultar dañadas en caso que sean fundadas sobre un suelo colapsable, si se produce una repentina llegada de agua al suelo, como sucede con el riego periódico de jardines o la eventual rotura de una cañería.

- **Equipo necesario.**

- Un consolidómetro o una célula de consolidación completamente estanca, con un dispositivo de conexión a una línea de suministro de agua para inundar la muestra por medio de válvulas de paso. Debe contar además con un lector o indicador de presiones intersticiales.
- Herramientas y accesorios de características similares a los utilizados en el ensayo edométrico. Aparato de carga, juego de masas, cápsulas Petri, horno de secado, balanza, recipientes plásticos, agua destilada y cronómetro.

- **Procedimiento**

- Se toma una muestra de suelo inalterada, la que deberá Ser cuidadosamente tallada y dispuesta en la misma dirección que ocupaba en el estrato natural, dentro de la célula de consolidación.
- Se ajusta el consolidómetro en el aparato de carga y se somete la muestra a un ensayo edométrico hasta alcanzar una presión de 2,00 kgs/cm². Para esto, se aplican escalones de presión de 0,10 - 0,20 - 0,50 - 1,00 y 2,00 kgs/cm²

separados uno del otro cada 24 horas. Cuando el suelo ha estabilizado sus asientos con la presión de $2,00 \text{ kgs/cm}^2$, se lo inunda aplicando una presión por la base de $0,20 \text{ kgs/cm}^2$, elevando la presión de sobrecarga a $2,20 \text{ kgs/cm}^2$, dejando consolidar la muestra por 24 horas.

- Se registra la lectura de descenso de la muestra por inundación (Δe) y se prosigue cargando el suelo por medio del siguiente escalón de presión: $2,00 - 4,00$ y $8,00 \text{ kgs/cm}^2$. Finalmente, se descarga la muestra y el total de ella se coloca dentro del horno por 24 horas para determinar el peso seco (W_1).

- Cálculos y gráficos.

- Calcular el área (A) de la probeta: $A = \pi * (D/2)^2 \text{ (cm}^2\text{)}$

dónde: D = diámetro interior del molde (cm.)

- Calcular el volumen (V): $V = A * H_o \text{ (cm}^3\text{)}$

dónde: H_o = altura inicial de la probeta (cm.)

- Calcular la altura de sólidos (H_s) de la probeta:

$$H_s = W_1 / (G_s * \gamma_w * A) \text{ (cm)}$$

dónde: W_1 = peso de la probeta seca al horno (grs.)

G_s = valor de la gravedad específica de los sólidos

γ_w = densidad del agua (valor ≈ 1)

- Calcular la altura inicial de vacíos (H_{vo}) de la probeta:

$$H_{vo} = H_o - H_s \text{ (cm)}$$

- Calcular la relación de vacíos inicial (e_o) de la probeta:

$$e_o = H_{vo} / H_s$$

- Calcular la altura de vacíos (H_v') para cada incremento de carga:

$$H_v' = H_f - H_s \text{ (cm)}$$

dónde: H_f = altura final de la muestra (cm.)

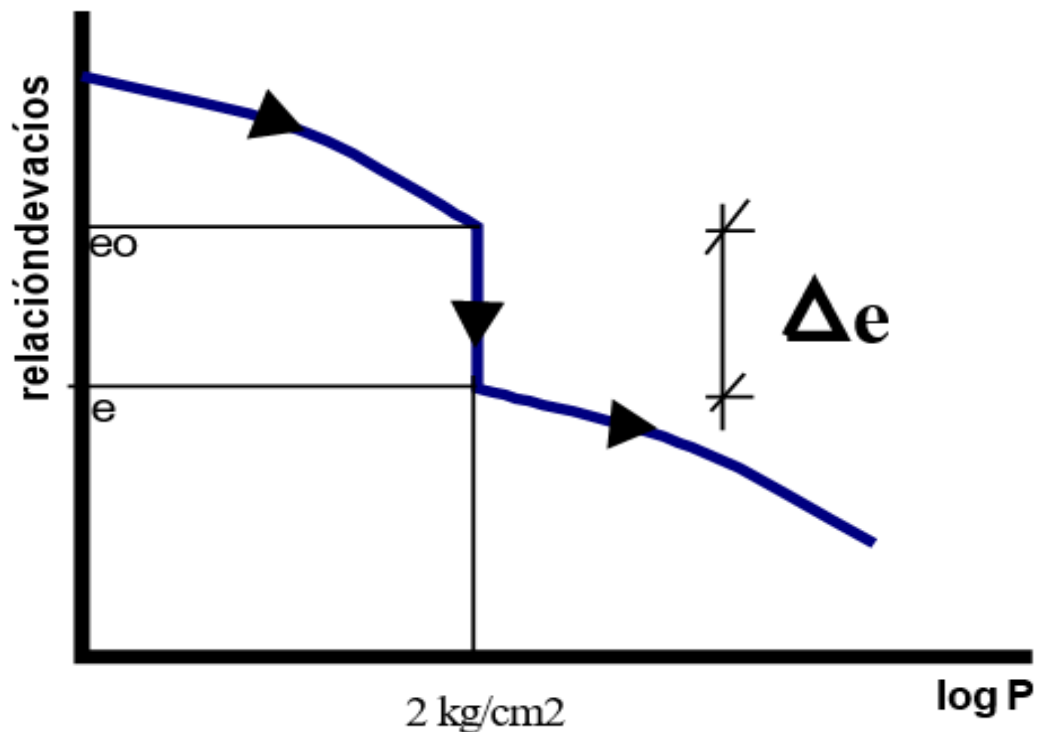
- Calcular la relación de vacíos (e') para cada incremento de carga, mediante la expresión:

$$e' = H_v' / H_s$$

- Graficar la curva relación de vacíos (e') v/s logaritmo de presión. La figura 4.4. muestra la curva de este ensayo.
- Determinar el potencial de colapso (CP) de la muestra, mediante la expresión:

$$CP = \Delta e / (1 + e_o) * 100 \quad (\%) \text{ donde:}$$

Δe = disminución del e al inundar la probeta



Grafica relación de vacíos VS esfuerzo



2.8. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ ITEMS
Influencia en el comportamiento volumétrico en suelos con alto contenido en finos	Consistes observar, describir los fenómenos físicos al mismo tiempo,		Propiedades físicas del suelo	Contenido de humedad, Gravedad específica
	determinar los parámetros que evalúan estos fenómenos	Se tomara en cuenta estos parámetros cuantitativos y	Caracterización del suelo	Estudio de Mecánica de Suelos:, Granulometría por hidrometría, Límites de Atterberg, , Clasificación de suelos (SUCS).
	cuantitativamente y determinar si los efectos de estos tendrán un impacto negativo en las estructuras	fenómenos como referencia para el diseño de cimentaciones o cualquier otra estructura que este en contacto directo con el suelo.	Potencial de colapso	Potencial de colapso
	sobre estos suelos, esto se determinara a través de ensayos en laboratorio		Expansión natural del suelo	Ensayo de expansión libre



CAPÍTULO III: RESULTADOS.

3.1. Granulometría por medio de hidrometría

UNT	FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA (SEDIMENTACIÓN)			
OBRA:	URBANIZA CON UPAO II ETAPA		
SITUACIÓN:	Leguñiles estado Mérida.	PROGRESIVA:	
PERFORACIÓN:	CALICATA Nº C-02	Nº LABORATORIO	1

DATOS	
RESULTADOS	SUELO FINO

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
 Ing. Jorge Huigra Poto
 CIP 34570


HIDROMETRO: 152H	AGENTE DISPERSANTE NaPO3	CONCENTRACION 0,05 N
COORECCION POR DEFL. OCULANTE Cd 8	CORRECCION POR MENISCO, Cm 1	
VOLUMEN DEL HIDROMETRO 67,2 cm3	Ws, gr. 50	Gs: 2.71 a= 0.987

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	RM	T °c	CT	RHC	WD1 %	R'H+CM	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)	% QUE PASA
04-Oct	05:45	1	52.5	20.5	0.1	44.6	88.02	53.5	7.5	7.50	0.0133	0.0364	57.21
04-Oct	06:45	2	50	20.5	0.1	42.1	83.09	51	7.9	3.95	0.0133	0.0264	54.01
04-Oct	07:45	4	46.25	20.5	0.1	38.35	75.68	47.25	8.55	2.14	0.0133	0.0194	49.19
04-Oct	08:45	8	43.5	20.5	0.1	35.6	70.26	44.5	9	1.13	0.0133	0.0141	45.67
04-Oct	09:45	15	40.5	20.5	0.1	32.6	64.34	41.5	9.5	0.63	0.0133	0.0106	41.82
04-Oct	10:45	30	37	20.5	0.1	29.1	57.43	38	10.1	0.34	0.0133	0.0077	37.33
04-Oct	11:45	60	32	21	0.2	24.2	47.76	33	10.9	0.18	0.0133	0.0057	31.04
04-Oct	01:45	180	26	21	0.2	18.2	35.92	27	11.9	0.07	0.0133	0.0034	23.35
04-Oct	02:45	240	22	21.5	0.3	14.3	28.22	23	12.5	0.05	0.0132	0.0030	18.34
04-Oct	03:45	300	18	20.5	0.1	10.1	19.93	19	13.2	0.04	0.0133	0.0028	12.96
05-Oct	06:00	435	15	20	0	7	13.81	16	13.7	0.03	0.0134	0.0024	8.98
05-Oct	08:00	1275	11	18	-0.5	2.5	4.93	12	14.3	0.01	0.0138	0.0015	3.21

% PASANTE TAMIZ Nº 200	65
------------------------	----

- Lectura de hidrómetro corregidas por menisco RH
- Lectura de hidrómetro no corregida R'H
- Cm : Corrección por menisco
- $R=R'+Cm$

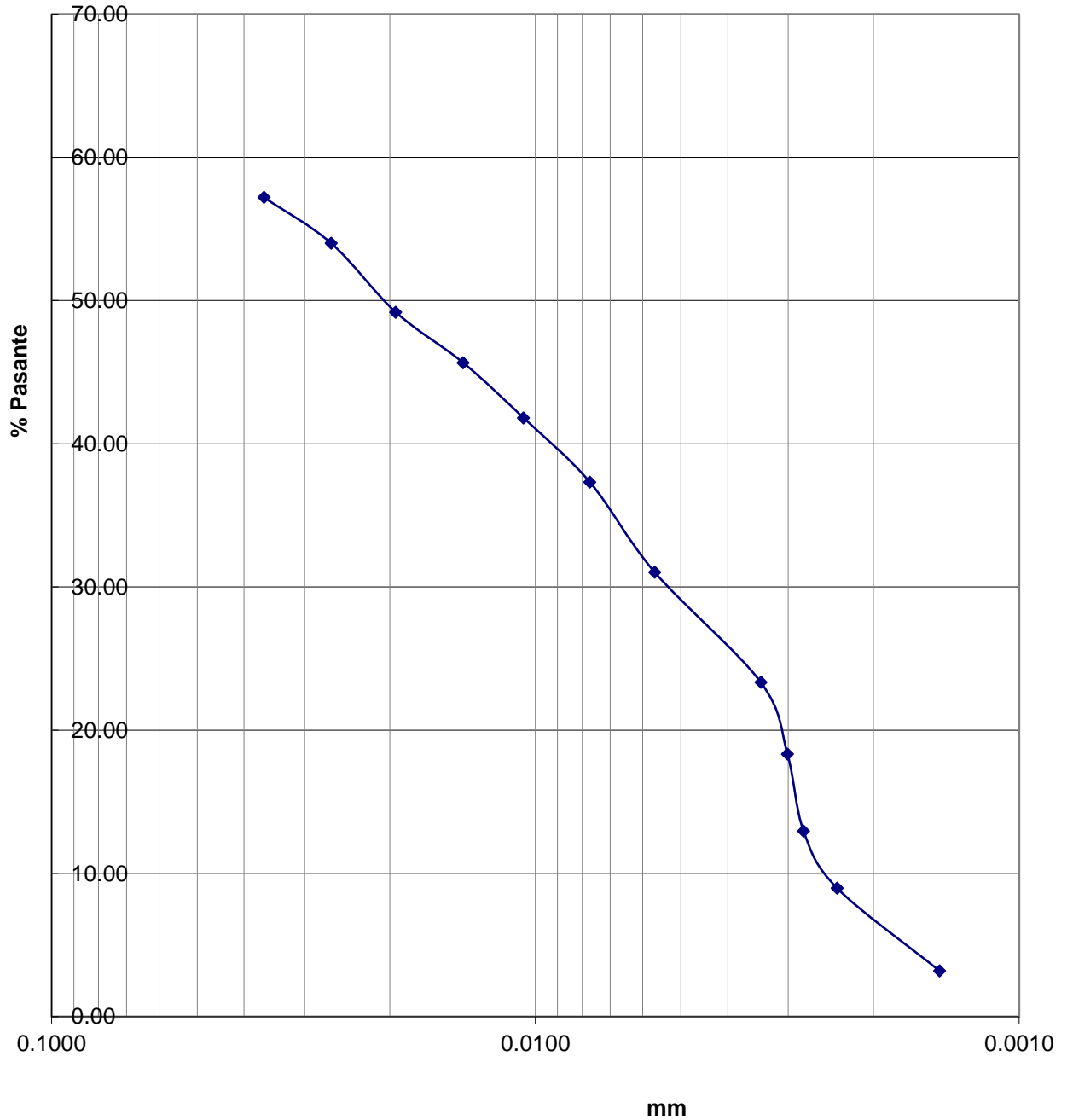
3.2. Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg y Propiedades Físicas del suelo

Peso inicial de la muestra (g)	:	1000
% Pasante malla N° 200		
Peso muestra seca (g)		150.03
Peso muestra lavada seca (g)		148.67
Pasante malla N° 200 (%)		0.9
Contenido de humedad		
Peso húmedo de muestra (g)		59.2
Peso seco de muestra (g)		58.15
Humedad (%)		1.8
Propiedades físicas del material		
Módulo de finura		1.51
Tamaño máximo (mm)		2.38
Gravedad específica		2.66
Densidad seca máxima (g/cm ³)		1.76
Densidad seca mínima (g/cm ³)		1.41
		
D ₆₀ :		0.37
D ₃₀ :		0.23
D ₁₀ :		0.16
Cu:	2.31	[< 6]
Cc:	0.89	[< 1]
LL: NP	LP: NP	IP: NP
Clasificación SUCS:		SP
Arena pobremente graduada		



3.3. Limite líquido

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR HIDROMETRÍA



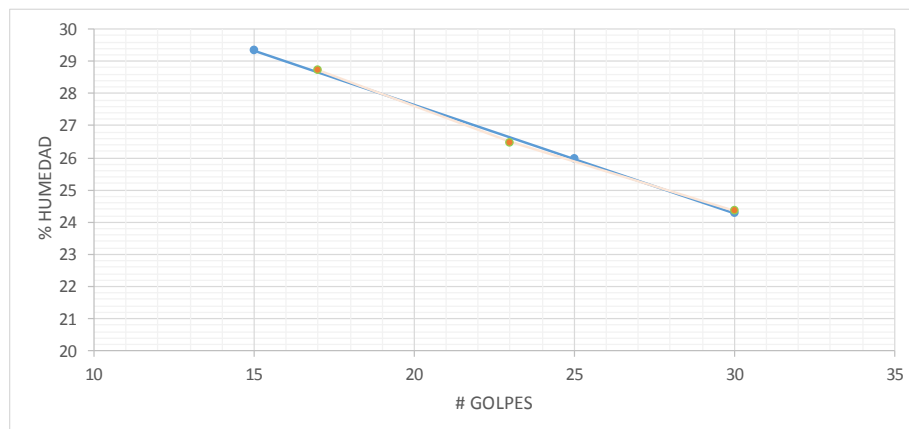


3.4. Limite plástico

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO

Lata	15	17	20	---	---
N° de golpes	17	23	30	LP	LP
Peso del suelo humedo + Lata	61.11	58.75	58.33	26.01	16.18
Peso del suelo seco + Lata	55.37	54.03	52.05	25.1	15.65
Peso de Lata	35.4	36.22	26.28	20.61	13.17
Peso del suelo seco	19.97	17.81	25.77	4.49	2.48
Peso del agua	5.74	4.72	6.28	0.91	0.53
Contenido de humedad	28.74	26.50	24.37	20.27	21.37
				20.82	

$$IP = 5.16$$



CORRECCION			
# Golpes	% Humedad	G*H	G2
17	28.74	414.280171	289
23	26.50	609.545199	529
30	24.37	862.29344	900
Σ	70	1886.12	1718.00

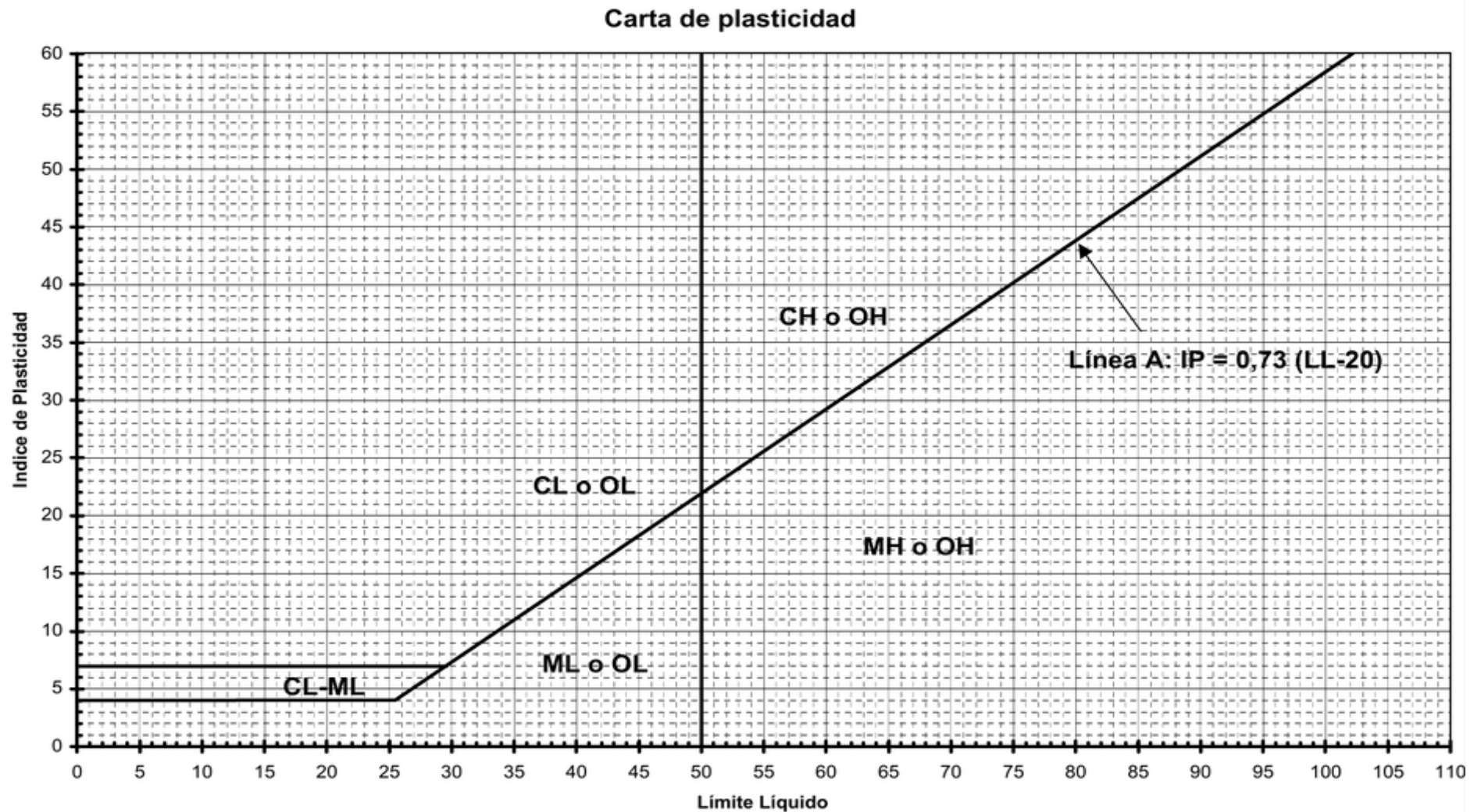
m =	-0.3360
B =	34.38

% Hum. =	-0.3360 * (# Golp.) + 34.38
----------	-----------------------------

# Golp.	% Hum.
15	29.34
25	25.98
30	24.30



3.5. Clasificación de suelos SUCS





3.6. Contenido de humedad

<i>Proyecto :</i>							
<i>Proyectistas :</i>							
Ensayo :							
CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD :					Norma :		
PESO ESPECÍFICO :					Norma :		
LÍMITE DE CONTRACCIÓN :					Norma :		
Fecha de Muestreo :							
Muestreado por :							
Chequeado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos - UNT							
CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD :							
Observaciones :				Ubicación : C - 1		Ubicación : C - 1	
				Estrato : E2		Estrato : E3	
				Potencia : 0.40 m		Potencia : 1.50 m	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	115.60	89.80	95.20	81.00	93.60	116.90
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	112.33	86.71	93.25	76.89	88.98	109.75
Peso de la Tara	Gr	44.70	31.80	37.50	24.10	28.00	28.30
Peso de la Muestra Seca	Gr	67.63	54.91	55.75	52.79	60.98	81.45
Peso del Agua	Gr	3.27	3.09	1.95	4.11	4.62	7.15
Contenido de Humedad	%	4.84	5.63	3.50	7.79	7.58	8.78
Promedio		4.65			8.05		

3.7. Gravedad específica de solidos

<i>Proyecto :</i>							
<i>Proyectistas :</i>							
Ensayo :							
CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD :					Norma :		
PESO ESPECÍFICO :					Norma :		
LÍMITE DE CONTRACCIÓN :					Norma :		
Fecha de Muestreo :							
Muestreado por :							
Chequeado por : Laboratorio de Mecánica de Suelos - UNT							
PESO ESPECÍFICO :							
Observaciones :				Ubicación : C - 1		Ubicación : C - 1	
				Estrato : E2		Estrato : E3	
				Potencia : 0.40 m		Potencia : 1.50 m	
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso del Suelo Seco	Gr	114.20	129.30	121.20	139.70	113.80	102.70
Peso Frasco Vacío	Gr	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00
Peso Frasco + Agua	Gr	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00
Peso Frasco + Agua +Suelo	Gr	732.00	742.00	736.00	748.00	732.00	724.00
Volumen de Sólidos	Cm ³	42.20	47.30	45.20	51.70	41.80	38.70
Peso Especifico de Sólidos	Gr / Cm ³	2.71	2.73	2.68	2.70	2.72	2.65
Promedio		2.71			2.69		

3.9. Potencial de colapso:

ENSAYO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE COLAPSO

DIMENSIONES	I	O	B
ALTURA	1.93	cm	= 0.75984252 plg.
DIÁMETRO	5.04	cm	= 1.98425197 plg.
ÁREA	19.95	cm ²	

$$G_s : 2.65$$

$$CP = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \times 100 = 4.2 \%$$

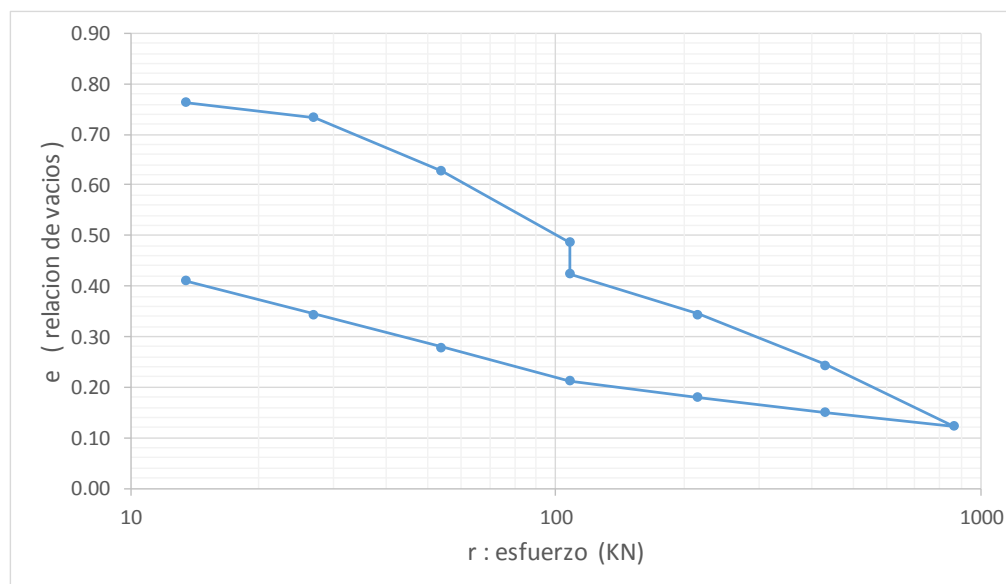
Peso Unitario inicial 1.5809045 g/cm³

$$\text{Altura de sólidos, } H_s = \frac{W_s}{G_s \cdot D_w \cdot A} = 1.0265346 \text{ cm; } = 0.40414748 \text{ plg.}$$

CONTENIDO DE HUMEDAD			
PESO DE LA MUESTRA		Inicial	Final
Peso anillo+muestra hum.	g	121.01	134.45
Peso anillo+muestra seca.	g	116.41	116.41
Peso anillo	g	62.14	62.14
Peso del agua	Ws	4.60	18.04
Peso suelo seco	g	54.27	54.27
Humedad	%	8.48	33.24

$$e = \frac{H_f - H_s}{H_s} = \frac{H_v}{H_s}$$

Aplicada (kN)	Δ (plg.)	Hf (plg.)	vacíos (plg.) Hf - Hs	Vacíos e
0.00	0.0000	0.7598	0.3557	0.8801
13.52	0.0470	0.7128	0.3087	0.7638
27.04	0.0120	0.7008	0.2967	0.7341
54.07	0.0430	0.6578	0.2537	0.6277
108.14	0.0570	0.6008	0.1967	0.4867 e ₀
108.14	0.0250	0.5758	0.1717	0.4248 e
216.29	0.0326	0.5432	0.1391	0.3442
432.58	0.0404	0.5028	0.0987	0.2442
865.15	0.0490	0.4538	0.0497	0.1230
432.58	0.0110	0.4648	0.0607	0.1502
216.29	0.0120	0.4768	0.0727	0.1799
108.14	0.0130	0.4898	0.0857	0.2120
54.07	0.0270	0.5168	0.1127	0.2788
27.04	0.0266	0.5434	0.1393	0.3447
13.52	0.0264	0.5698	0.1657	0.4100
0.00	0.0000	0.7598	0.3557	0.8801



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

1. La muestra de suelo de la urbanización UPAO II Etapa, analizada muestra un porcentaje de 65 % que pasa la malla N° 200, determinando que cuenta con un mayor porcentaje de granos finos en su estructura, el cual sobrepasa el 50 % requerido para que este suelo obtenga la clasificación como suelo de alto contenido fino como indica el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)).
2. Las propiedades índices (LL, LP, y IP) determinados nos permite indicar el tipo de suelo con el que se trabaja. Su límite líquido (LL) es 25.98 % esto significa que a condiciones extremas de humedad puede retener un abaja cantidades de agua por lo que es un suelo que tiene un bajo índice de porosidad.
3. El suelo cuenta con un límite líquido (LL) de 20.82 % esto nos indica que el suelo tiene una baja plasticidad ante la presencia de saturación, lo cual trae como consecuencia un índice de plasticidad (IP) que es 5.16% que junto con el limite liquido nos darán la clasificación de tipo de suelos indicado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS))
4. Los límites de Atterberg determinados en laboratorio permiten determinar la clasificación de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)), nos permite indicar que se trata de un suelo arcilloso-limoso con baja plasticidad (CL-ML).
5. La humedad natural del suelo que es de 4.63 % a una altura de 0.40 m y 8.05 % a una altura de 1.50 m es un indicador que la zona en la cual su nivel de napa freática es elevado y por consecuencia a más profundidad el suelo se encuentra más saturado en su estado natural.
6. El Peso específico de solidos (Gs) del suelo natural que es de 2.70 (g/cm³) en promedio esto



indica y corrobora el tipo de suelo limoso- arcilloso para el cual perteneces este peso específico sólido.

7. La expansión natural que desarrolla el suelo de la Urbanización UPAO II etapa por consecuencia de la saturación provocada por lluvias intensas en unidades porcentuales es de 0.316 % que es clasificado como un porcentaje bajo de expansión, pero que para efectos de comportamiento del suelo es considerado negativo por el efecto que causa en las estructuras, y los cambios que causan en sus propiedades tanto físicas como mecánicas como indica “Rodríguez Castiblanco, E. A. (2014). En su investigación Evaluación del Comportamiento Geomecánico de Arcillas en el Sector de Campoalegre
8. El potencial de colapso desarrollado por el suelo al saturar la muestra y posteriormente a su estabilización por expansión natural es de 4.2 % el cual es indicador que es un suelo con un riesgo de colapsabilidad moderado según lo indicado en la Norma Técnica Peruano en su código NTP 339.163 Colapsabilidad Potencial.
9. Se hicieron aproximadamente 10 calicatas, sin embargo para los ensayos sólo se consideró 1 sola por ser la más crítica en humedad, siendo que el tipo de ésta investigación es Experimental – No probabilístico – A Juicio de Expertos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. Se logró evaluar la influencia en el comportamiento volumétrico del suelo con alto contenido en finos de la urbanización UPAO II Etapa ante la presencia de lluvias intensas concluyendo que esta tiene un impacto negativo en tal comportamiento, debió a la modificación de su estructura molecular al saturar parcial o totalmente el suelo por consecuencia de la acumulación o al estar en contacto con la lluvia durante un lapso de tiempo prolongado.
2. Se logró analizar el comportamiento volumétrico que poseen los suelos con alto contenido en finos ante la presencia de altas intensidades de lluvias concluyendo que estos suelos desarrollan comportamientos anómalos en su estructura molecular provocando en una primera instancia una expansión hasta encontrar su estabilidad, para posteriormente ante la presencia de cargas desarrollar un fenómeno volumétrico denominado potencial de colapso el cual se basa en un cambio agresivo del volumen del suelo a presiones constantes provocando el colapso del suelo, trayendo consigo consecuencias considerables a las estructuras que se sostienen de esta.
3. Se logró determinar que, ante la presencia de lluvias intensas en la ciudad, los suelos con alto contenido en finos de la urbanización UPAO II Etapa, las consecuencias de estas lluvias provocarían el desarrollo del potencial de colapso, en las zonas que están expuestas de forma directa a un lapso prolongado de lluvias o a la acumulación de las mismas, que posteriormente al entrar en contacto con cargas esta producirá un colapso de las zonas afectadas.
4. Se logró evaluar las características expansivas naturales de los suelos con alto contenido en finos de la urbanización UPAO II Etapas ante la presencia de lluvias intensas concluyendo



que esta tiene un impacto negativo menor, lo cual es un indicador de la influencia negativa de la saturación por lluvias intensas del suelo.

Sin embargo, las características expansivas del suelo presente no es un factor crítico debido al bajo indicador porcentual de expansión que posee, por lo que este es considera un suelo ligeramente expansivo con consecuencia despreciables en las estructuras que se rigen a la misma.

5. Se logró estudiar el potencial del colapso desarrollado y el índice de expansión del suelo en la urbanización UPAO II Etapa ante lluvias intensas concluyendo el índice de expansión provocado por la saturación del suelo por lluvias es bajo y de consecuencias negativas leves. Pero el suelo saturado por lluvias estable por expansión, entra en contacto directo con cargas este desarrollo unas potencias de colapso del cual se concluye que el suelo tiende a clasificarse como moderadamente colapsable por desarrollar un potencial de colapso significativo, provocando una influencia negativa significativa.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.

1. En la zona estudiada se recomienda colocar vigas de cimentación sea el caso para casa unifamiliares o en edificios inmobiliarios plateas de cimentación, como prevención ante posibles lluvias a futuro u otro fenómeno hidrológico ó cualquier otra causa de directo suelo con agua y sature el suelo provocando el comportamiento investigado.
2. Se recomienda realizar un mejoramiento del suelo antes de la construcción de cualquier estructura con el objetivo de aislar las cimentaciones del suelo investigado y mejor su comportamiento ante posible saturación por ya se cualquier medio del suelo. Pueden plantearse soluciones de mejoramiento como la instalación de drenes verticales o sustituir el material con capas de afirmado de 0.60 m.
3. Para las municipalidades e instituciones a cargo de la supervisión y cumplimiento del reglamento, así como a los propietarios, tener en consideración los puntos tocados en esta investigación en caso sea pertinente, y tomar acción en la prevención de futuras construcción en zonas con presencia de suelos como los de la investigación para evitar futuros desastres con consecuencias mortales.
4. Continuar con la investigación realizando la evaluación del comportamiento volumétrico en suelos arcillosos y en suelos limosos, trabajando bajo condiciones de saturación similares a las estudiadas, con el objetivo de estudiar el comportamiento de cada uno de ellos ya sea por separado o de forma conjunta.
5. Desarrollar investigaciones con la finalidad de desarrollar zonificaciones geotécnicas que incluyan la caracterización geológica y geotécnica de los suelos y rocas existentes en las zonas donde anteriormente fueron usadas para cultivo y por la expansión urbana en la ciudad, están siendo destinadas como zonas de uso inmobiliario.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Agua, C. N. (2007). *www.cna.gob.mx* . Obtenido de Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.:<ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Geotecnia%20en%20Suelos%20Inestables.pdf>
- Alfaro Soto, M. (2014). Geotecnia en suelos no saturados. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, www.accefyn.org.co.
- Alfaro Soto, M. A. (2014). Deformaciones volumétricas con y sin colapso de algunos suelos no saturados. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 355-362.
- Barrera Bucio, M., & Garnica Anguas, P. (2002). *Introducción a La Mecánica de Suelos no Saturados En Vías terrestres* . Mexico: Secretaría De Comunicaciones y Transportes; Instituto Mexicano Del Transporte .
- Burton, G. J., Sheng, D., & Airey, D. (Abril de 2014). Experimental study on volumetric behaviour of Maryland clay and the role of degree of saturation. *Canadian Geotechnical Journal*, págs. 1449-1455.
- Cahuape Casaux, M., Garibay, M., & Angelone, S. (Septiembre de 2006). Permeabilidad De Suelos. *Permeabilidad De Suelos*. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Carnero Guzmán, G., & Carnero Carnero, E. (2015). Técnica constructiva de terraplenes húmedos y su aplicación en la. *Rev. Investig. Altoandin.*, 1.
- Chávez Negrete, C., Alarcón Ibarra, J., Espinosa Arreola, J. d., & Arreygue Rocha, J. E. (2016). Colapso por humedecimiento en los terraplenes de la autopista. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, Sistema de Información Científica Redalyc.



- Chávez, J. A., López, R., Kopecky, L., & Landaverde, J. (2013). Soil-Water retention curve and beginning of monitoring in Tierra Blanca Joven (TBJ). *Revista Geologica de America Central*, 83-99.
- Colmenares-2002, & Citado en Rodríguez Castiblanco, R. C. (2014). Evaluación del Comportamiento Geomecánico de Arcillas en el Sector de Campoalegre – Ciudad de Barranquilla. Barranquilla, Colombia.
- Condori Quispe, B. M. (2012). Investigación Del Conglomerado Especial En La Ciudad De Tacna. *Para optar El Grado De Maestro En Ciencias Con Mención En Ingeniería Geotécnica*. Lima, Peru.
- Espinoza Morocho, Á. O. (2015). Caracterización de arcillas expansivas en el sector Salapa. SALAPA, ECUADOR.
- Fernandez Sixto, E. A. (1998). *Investigación Del Conglomerado Colapsable De La Cano-Vitor Arequipa*. Lima - Peru.
- Franch, J. (2013). Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación (“in situ” y en laboratorio). *Geosuport*, 1.
- Francisco Javier, O. C. (Agosto de 2011). Mecanica de Suelos 1. *Mecanica de Suelos 1*. Pachuca de Soto, Mexico.
- García Tristán, J., Cobelo Cristiá, W. D., Quevedo Sotolongo, G. J., & García Fernández, C. A. (2015). Comportamiento volumétrico de un suelo de la formación Capdevila en condiciones de saturación parcial. *Resultados de la búsqueda RCI*.
- Jenny, G. T., D., C. C., J., Q. S., & A., G. F. (2015). Comportamiento volumétrico de un suelo de la formación Capdevila en condiciones de saturación parcial. *Revista Cubana de Ingeniería (RCI)*.

- Joan, F. (13 de MAYO de 2013). *Geosuport*. Obtenido de estudios geotécnicos en los ámbitos de la edificación y la ingeniería civil. Ingeniería geológica:
<http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/suelos-expansivos-colapsables/>
- Lobios, M. (2013). *www.meteolobios.es*. Obtenido de *www.meteolobios.es*:
<http://www.meteolobios.es/lluvia.htm>
- Obando Garcia, M. D. (7 de junio de 2015). Patología De Los Pavimentos En La Ciudad De Trujillo
Patología De Los Pavimentos En La Ciudad Trujillo. Trujillo, La Libertad, Trujillo.
- Ochoa Victoria, M. (2012). Suelos parcialmente saturados, de la investigación de la cátedra universitaria. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, *www.revista.unal.edu.co*.
- Olguin Coca, F. J. (Agosto de 2011). Mecánica de Suelos I. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Pachuca de Soto, Hidalgo, Mexico: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ordóñez Ruiz, J., Auvinet Guichard, G., & Juárez Camarena, M. (2014). Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. *Ingeniería Investigación y Tecnología*.
- Quispe Condori, B. M. (2016). Utilización De Bolsas De Polietileno Para El Mejoramiento De Suelo a Nivel De La Subrasante En El JR. Arequipa, Progresiva KM 0+000 - KM 0+100, Distrito De Orcotuna, Concepción. *Para Optar El Título Profesional*. Huancayo, Peru.
- Redolfi, E. R. (2007). Suelos Colapsables. *Suelos Colapsables*. Córdoba, Argentina : Universidad Nacional De Córdoba – Argentina.
- Rodríguez Castiblanco, E. A. (2014). Evaluación del Comportamiento Geomecánico de Arcillas en el Sector de Campoalegre – Ciudad de Barranquilla. Bogotá, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.



- Rojas, E., Hurtado, D., Zepeda, A., & Pérez, M. d. (2011). Desplome de un conjunto de edificios. El calvario. 2011 Pan-Am CGS Geotechnical Conference , (pág. <http://geoserver.ing.puc.cl/info/conferences/>). Querétaro - México.
- Rolo, R., Bommer, J., Houghton, B. F., Vallance, J. W., Berdousis, P., & Williah, C. M. (2004). Murphy, Geologic and Engineering Characterization of Tierra Blanca Pyroclastic Ash Deposits. Geological Society of America.
- Rosales Asto, E. A. (2014). Determinación De La Deformación Elástica y El Módulo De Elasticidad En Suelos Expansivos Mediante Ensayos De Expansión Libre y Consolidación. *Tesis Para Optar El Título De: Ingeniero Agrícola* .
- Silva Abanto, H. J., & Terán Mendoza, S. L. (2015). 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 La Libertad. Trujillo, La Libertad, PERU.
- SUCS. (1952). Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS. Estados Unidos De America.



CAPÍTULO VIII: ANEXOS

Anexo N° 1: Guía de observación

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CALICATAS REALIZADAS EN _____			
URB. : _____		DEPARTAMENTO : _____	PROFUNDIDAD : _____
DISTRITO : _____		COORDENADAS : _____	CLIMA : _____
CIUDAD : _____		ALTITUD : _____	ESTRATOS : _____
FECHA: _____		N° : _____	
SIMBOLO		PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION
SUCS	GRAFICO		

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Huertas Poto
CIP. 34570

Anexo N° 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuál es la influencia en el comportamiento volumétrico de suelos con alto contenido en finos en la urbanización UPAO II etapa, Trujillo, La Libertad ante presencia de altas intensidades de lluvia en la ciudad?</p> <p>La presencia de intensas lluvias en la ciudad, que si bien es cierto no son constantes durante el año, estas pueden ser muy intensas en determinadas épocas y años venideros, son escasos los estudios sobre el impacto que podrían tener este supuesto problema climatológico y las zonas que realmente pueden ser afectadas debido principalmente a las características de los suelos sobre las cuales son edificadas casas, colegios u otras estructuras que están en contacto directo con el suelo, hay un gran vacío sobre el conocimiento de la consecuencias que podrían traer las lluvias sobre suelos que contengan un alto contenido en finos, ya que estos suelen presentar características expansivas y colapsables que traerían como consecuencia fallas y complicaciones pos-construcción.</p>	<p>-General: Evaluar la influencia en el comportamiento volumétrico de los suelos con alto contenido en finos en la urbanización UPAO II Etapa, ante la presencia de alta intensidad de lluvia en la ciudad de Trujillo-La Libertad.</p> <p>- Específicos: Analizar la influencia en el comportamiento volumétrico de los suelos con alto contenido en finos en ante la presencia de alta intensidad de lluvia en la ciudad. Determinar las consecuencias que pueden tener los suelos con alto contenido en finos ante la presencia de lluvias intensas. Evaluar las características expansivas del suelo con un alto porcentaje de finos en zonas anteriormente usadas para el cultivo. Estudiar fundamentalmente las potencias de colapso y el grado de expansión del suelo en la zona.</p>	<p>(García Tristán, Cobelo Cristiá, Quevedo Sotolongo, & García Fernández, 2015) en su tesis titulada “Comportamiento volumétrico de un suelo de la formación Capdevila en condiciones de saturación parcial (Chávez Negrete, Alarcón Ibarra, Espinosa Arreola, & Arreygue Rocha, 2016) en su tesis titulada “Colapso por humedecimiento en los terraplenes de la autopista”. (Ordóñez Ruiz, Auvinet Guichard, & Juárez Camarena, 2014) en su tesis titulada “Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez”. (Condori Quispe, 2012) en su “investigación del conglomerado especial en la ciudad de Tacna”. (Rosales Asto, 2014) en su tesis titulada “Determinación de la deformación elástica y el módulo de elasticidad en suelos expansivos mediante ensayos de expansión libre y consolidación”. (Rodríguez Castiblanco, 2014) en su tesis titulada “Evaluación del Comportamiento Geomecánico de Arcillas en el Sector de Campoalegre – Ciudad de Barranquilla”.</p>	<p>H. General: Las presencias de altas intensidad de lluvias en la ciudad de Trujillo influye negativamente en las propiedades volumétricas del suelo con alta cantidad de finos, provocando una expansión y el desarrollo de un potencial de colapso en el suelo.</p> <p>H. Específicas: La presencia de altas intensidad de lluvias en la ciudad de Trujillo influye negativamente en el suelo con alta cantidad de finos provocando una expansión del mismo en un porcentaje no mayor al 0,5 %.</p> <p>La presencia de alta cantidad de humedad en los suelos causadas por la lluvia en la ciudad influye negativamente en el suelo con alta cantidad de finos provocando el desarrollo de un potencial de colapso que será menor a 10 % lo que definirá al suelo como no colapsable.</p>	<p>V. Independiente: 1.Presencia de altas intensidades de lluvia en la ciudad El valor no depende del de otra variable ya que esta en natural</p> <p>V. Dependiente: 2.Comportamiento volumétrico en suelos con alto contenido en finos. Esta estará sujeta a los cambios que se producirán por acción de la caída de intensas lluvias en la ciudad.</p>	<p>Diseño de Investigación: Cuasi experimental Unidad de Estudio: Suelos con alto contenido en finos Población: Suelos con alto contenido en finos de la Urb. UPAO II Etapa –Trujillo -La Libertad Muestra: El número de puntos de investigación (calicatas) para urbanizaciones es de 1 puntos de investigación (calicatas) como muestra para nuestra investigación. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos: Técnica: Observación. Instrumento: Guía de observación. Métodos e instrumentos de análisis de datos: Método: Inferencia estadística. Instrumento: Prueba de hipótesis. -T Student.</p>



Anexo N° 3: Definición de términos básicos

1. **Influencia:** es la calidad que otorga capacidad para ejercer determinado control sobre el poder por alguien o algo.
2. **Influencia del comportamiento:** es la capacidad de emitir un juicio acerca del comportamiento que provoca un determinado acto o suceso sobre el objeto estudiado.
3. **Comportamiento:** se refiere a la manera de funcionar una muestra en una determinada cosa en una situación determinada.
4. **Comportamiento Volumétrico:** se refiere a la manera de funcionar una muestra en una determinada cosa con respecto a los aspectos relacionados a su volumen.
5. **intensidad de lluvias:** Se refiere a la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo en un lugar determinado.
6. **Suelos finos:** Los suelos finos están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla.
7. **Urbanización UPAO II etapa:** País Perú-Dep. La Libertad – Provincia Trujillo – Distrito Víctor Larco
8. **Volumétrico:** De la medición de volúmenes o relacionado con ella



Anexo N° 4: Estudio Hidrológico

Fuente: SENAMHI / DRD

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : TRUJILLO				
Departamento : LA LIBERTAD		Provincia : TRUJILLO		Distrito : LAREDO
Latitud : 8°6'43.29" CO -		Longitud : 78°59'6.36"		Altitud : 44 msnm.
Tipo : Meteorológica		Código : 108068		
FECHA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día) TOTAL
	MAX	MIN		
26/05/2017	25.4	17.1	80.5	0
27/05/2017	25.6	17.9	81.5	0
28/05/2017	25.6	17.8	84.9	0
29/05/2017	25	19.3	85.7	0
30/05/2017	24.4	19.4	80.8	0
31/05/2017	23	19.2	85.4	0
01/01/2018	28.4	16	74.6	0
02/01/2018	26.8	17.6	79.7	0
03/01/2018	24.9	16.2	82.5	0
04/01/2018	26.2	17.4	78.5	0
05/01/2018	26.3	16.8	84.3	0
06/01/2018	25.2	18.8	83.1	0
07/01/2018	25.9	18.3	83.6	0
08/01/2018	25.2	17.8	86.5	0
09/01/2018	25.4	16.4	81	0
10/01/2018	26.4	19.1	81.7	0
11/01/2018	26.2	18.8	82.5	0
12/01/2018	26.2	19.2	81.6	0
13/01/2018	27	19	78.1	0
14/01/2018	26.2	18.3	82.4	0
15/01/2018	26.4	18.4	86.1	0
16/01/2018	26	17.5	84.8	0
17/01/2018	25.6	18.2	84.2	0
18/01/2018	25.8	18.5	84.3	0.5
19/01/2018	27.5	18.8	86	1.4
20/01/2018	25.3	18.1	85.9	0
21/01/2018	25.2	17	84.3	0
22/01/2018	25.9	18.8	84	0
23/01/2018	26.4	16.8	83.6	0
24/01/2018	27.6	18.6	79.8	0
25/01/2018	26.4	18.4	84.9	0
26/01/2018	26.2	18.7	83.1	0
27/01/2018	26.2	18.4	85.4	0
28/01/2018	26.3	18.5	83.1	0
29/01/2018	27.8	17.6	82.1	0
30/01/2018	28.2	18.5	78.2	0
31/01/2018	27.6	16.9	83.1	0
01/11/2019	22.6	15.4	85.7	0
02/11/2019	22.5	16	84.3	0
03/11/2019	23.2	16.2	83.9	0
04/11/2019	21	16.6	85	0
05/11/2019	23.4	16	91.6	0
06/11/2019	22.6	16.2	92.3	0
07/11/2019	22.2	14.8	88.2	0
08/11/2019	23.2	14.5	92.4	0
09/11/2019	23.2	16.4	88.4	0
10/11/2019	24.4	16.1	86.6	0
11/11/2019	23.2	16.4	87.8	0
12/11/2019	22.6	17.6	86.4	0
13/11/2019	23.2	17.4	86.5	0
14/11/2019	24.5	17.9	84.2	0
15/11/2019	23	16.5	85.9	0
16/11/2019	22.6	17.9	87.7	0
17/11/2019	22.8	17.7	87.9	0
18/11/2019	22.6	17.8	84.2	0

Tabla de datos de estación meteorológica más cercana a la Provincia de Trujillo

Material predominante	Rangos de variación de conductividad hidráulica del sustrato del suelo, Kp			
	m/día		cm/h	
Rocas consolidadas	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Predominantemente químicas				
Dolomitas	0.00001	0.00010	0.00004	0.00042
Calizas	0.00010	0.01000	0.00042	0.04167
Yesos	0.01000	0.10000	0.04167	0.41667
Predominantemente detriticas				
Arcillositas	0.00010	0.01000	0.00042	0.04167
Argilitas	0.00010	0.01000	0.00042	0.04167
Margas	0.00100	0.10000	0.00417	0.41667
Limonitas	0.00100	0.10000	0.00417	0.41667
Areniscas	0.01000	1.00000	0.04167	4.16667
Conglomerados	0.10000	10.00000	0.41667	41.66667
Rocas no consolidadas				
Arcillas	0.00100	0.01000	0.00417	0.04167
Limos	0.01000	0.10000	0.04167	0.41667
Arenas	0.10000	1.00000	0.41667	4.16667
Gravas	1.00000	10.00000	4.16667	41.66667

Rangos de conductividad hidráulica

Nivel freático de la ciudad de Trujillo

ZONA	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (m)
Distritos La Esperanza y Florencia de Mora	55 a 65 m
Distrito El Porvenir	30 a 50 m
Central Antigua	25 a 35 m
Urb. Residenciales al Norte del Centro Cívico	30 a 40 m
Urb. Residenciales al Sur del Centro Cívico	15 a 25 m
Distrito de Víctor Larco	0,5 a 3 m
Balneario de Buenos Aires	0,26 a 0,47 m

Resumen Hidrológico, nivel freático en las zonas de Trujillo UPAO, ubicado entre Víctor Larco y Zona Sur del Centro Cívico

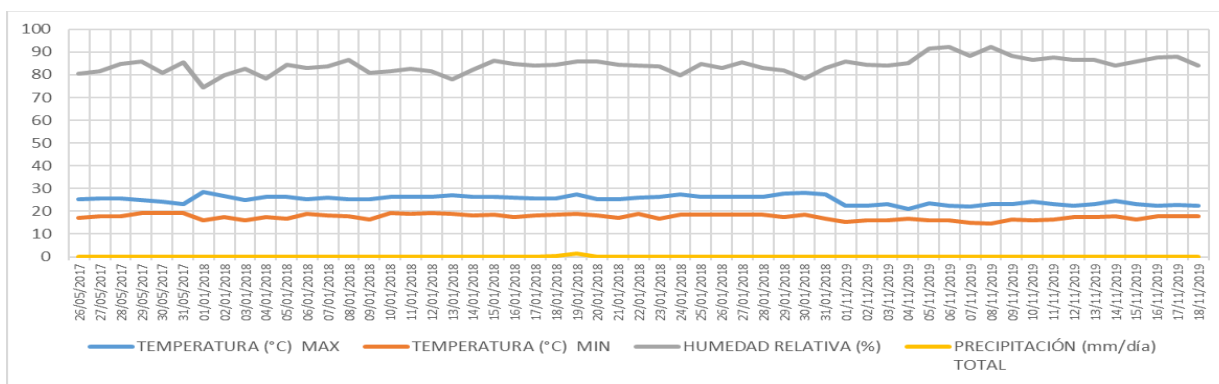


Gráfico resumen de estación meteorológica de Laredo proporcionado en la página de SENAMHI

Anexo N° 5: Fotos excavación de calicata



Anexo N° 6: Fotos de ensayos experimentales

Granulometría Por Medio De Hidrometría



Límites Líquido y Limite Plástico





Contenido de humedad



Peso especifico



Expansión Libre Potencial de Colapso



Anexo N° 7 Diapositivas

VARIABLES

Variable Independiente:

Presencia de altas intensidades de lluvia en la ciudad

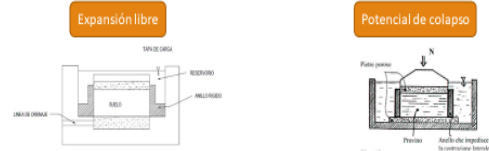
Color	Intens. (mm/h)*	Tipo de precipitación
Rojo	mayor a 250	Granizo de gran tamaño
Naranja	mayor a 250	Torrencial y granizo
Amarillo	100 a 250	Torrencial y prob. granizo
Verde claro	40 a 100	Lluvia muy fuerte a torrencial
Verde medio	16 a 40	Lluvia fuerte
Verde oscuro	6'5 a 16	Lluvia moderada
Cian	2'5 a 6'5	Lluvia ligera
Azul claro	1 a 2'5	Lluvia débil
Azul oscuro	0'4 a 1	Lluvia muy débil
Negro	0'1 a 0'4	Traza de precipitación

* 1 mm de precipitación es equivalente a 1 (l/m²)

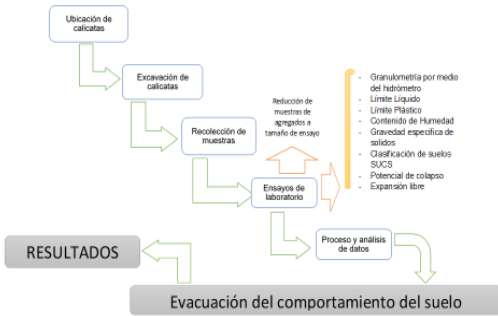
VARIABLES

Variable Dependiente:

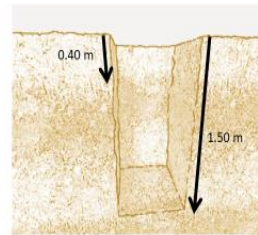
Comportamiento volumétrico en suelos con alto contenido en finos



PROCEDIMIENTO



MUESTRA



Punto de investigación (Calicata)

- Muestra a 0.40 m de profundidad
- Muestra a 1.50 m de profundidad

Contenido de humedad

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD:							
Observaciones:	Chiclayo C-1			Chiclayo C-1			
	Estado: E2			Estado: E3			
	Profundidad: 0.40 m			Profundidad: 1.50 m			
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gg	115.00	89.80	95.20	81.00	95.00	116.90
Peso Tara + Muestra Seca	Gg	112.33	86.71	93.25	76.89	88.98	109.75
Peso de la Tara	Gg	44.70	31.80	37.50	24.10	29.00	28.30
Peso de la Muestra Seca	Gg	67.63	54.91	55.75	52.79	60.98	81.45
Peso del Agua	Gg	3.27	3.09	1.85	4.11	4.62	7.15
Contenido de Humedad	%	4.84	5.63	3.30	7.79	7.58	8.78
Promedio		4.65			8.65		

la zona en la cual su nivel de napa freática es elevado y por consecuencia a más profundidad el suelo se encuentra más saturado en su estado natural.

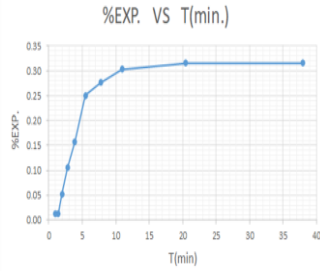
Gravedad específica de sólidos

Observaciones:	Chiclayo C-1			Chiclayo C-1			
	Estado: E2			Estado: E3			
	Profundidad: 0.40 m			Profundidad: 1.50 m			
Tara Número	Unidades	1	2	3	1	2	3
Peso del Suelo Seco	Gg	114.20	129.30	121.20	139.70	113.80	102.70
Peso Frasco Vacío	Gg	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00	164.00
Peso Frasco + Agua	Gg	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00	660.00
Peso Frasco + Agua + Suelo	Gg	732.00	742.00	756.00	748.00	732.00	724.00
Volumen de Sólidos	cm ³	42.20	47.20	45.20	51.70	41.80	38.70
Peso Específico de Sólidos	Gg / cm ³	2.71	2.73	2.68	2.70	2.72	2.65
Promedio		2.71			2.69		

El Peso específico de sólidos (Gs) del suelo natural que es de 2.70 (g/cm³) en promedio esto indica y corrobora el tipo de suelo limoso-arcilloso para el cual pertenece este peso específico sólido.

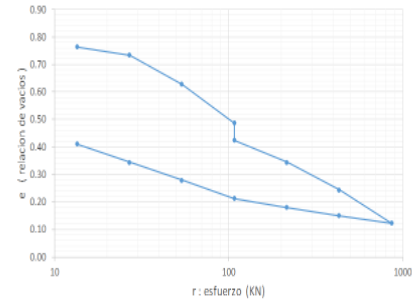


Expansión natural



- Porcentaje de Expansión = **0.316 %**
- Clasificado como suelo **bajo de expansión**
- Suelo es considerado **negativo** por el efecto que causa en las estructuras

Potencial de colapso

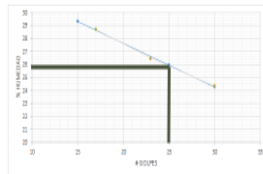


- Potencial de Colapso = **4.20 %**
- suelo con un riesgo de **colapsabilidad moderado**

LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO					
Lote	15	17	20	21	22
Nº de golpes	17	25	28	27	27
Peso del suelo + taracea + lata	62.11	56.33	58.13	58.11	58.18
Peso del suelo seco + lata	58.17	54.93	55.55	55.1	55.65
Peso de lata	28.1	28.22	28.18	28.01	27.17
Peso del agua + taracea	28.17	17.63	21.7	4.88	1.46
Peso de agua	5.16	4.71	6.38	5.91	5.53
Contenido de humedad	28.74	25.58	24.57	21.7	21.17
					25.92

IP = 5.16

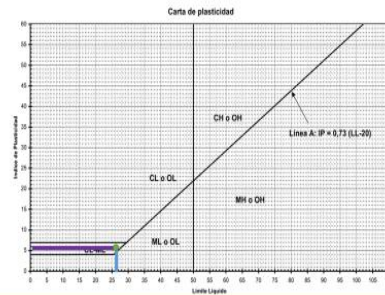


Limite Liquido = 25.98

A condiciones extremas de humedad

- **retener un abaja cantidades de agua** por lo que es un suelo que tiene un **bajo índice de porosidad**.

Clasificación de suelos SUCS

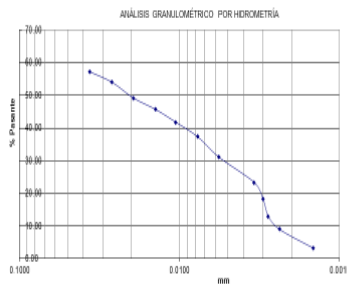


- Clasificación de suelos SUCS:
- % Pasa el Tamiz N°200 = 65 %
- IP = 5.16
- LL = 25.98

NOMBRE DEL GRUPO:

Suelos Arcilloso - Limos de Baja Plasticidad

Granulometría por medio del hidrómetro



- % Pasante Tamiz N° 200 = **65 %**
- Suelo de **GRANO FINO**