



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS  
CORRELACIÓN DEL LIMITE DE CONTRACCIÓN  
Y LA ACTIVIDAD COLOIDAL EN SUELOS  
ARCILLOSOS, LA VICTORIA – LAMBAYEQUE 2019**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

**Bach. Torres Lora Luis Alberto**

**Asesor:**

**Mg. Patazca Rojas Pedro Ramón**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2019**

**CORRELACIÓN DEL LIMITE DE CONTRACCIÓN Y LA ACTIVIDAD  
COLOIDAL EN SUELOS ARCILLOSOS, LA VICTORIA - LAMBAYEQUE 2019**

**Aprobado por:**

---

**Mg. Patazca Rojas Pedro Ramón  
Asesor**

---

**MSc. Muñoz Pérez Sócrates Pedro  
Presidente de jurado**

---

**Mg. Cesar Antonio Idrogo Pérez  
Secretario de jurado**

---

**Mg. Villegas Granados Luis Mariano  
Vocal de jurado**

## DEDICATORIA

A Dios.

Por la salud que nos brinda día a día,  
permitiendo así lograr mis metas y objetivos.

A mis padres y tías.

Por haber inculcado los buenos valores,  
guiándome así por buen camino, por su  
motivación que me inspiran en cada momento,  
y así tener las fuerzas necesarias para seguir  
adelante, a todas las personas que ayudaron en  
este proyecto.

Luis Alberto Torres Lora

## AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres Juan y Gabriela, por verme apoyado en todo momento de mi carrera y confiar en mi persona. A mis hermanos, José María, Juan Carlos, Christian Martín, por la motivación y el constante apoyo que me dan para seguir adelante.

A mis tías, Viviana, Sesí, Mirella, Susana y primos que con sus consejos y gran experiencia me motivaron a seguir en el buen camino, también al Mtro. Roberto Rojas por haber confiado en mí.

A la Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil por la calidad de profesionales por la orientación del desarrollo de la investigación.

También agradezco a nuestros docentes, compañeros de estudio, y a todas las personas que estuvieron siempre apoyándome en todo momento, a todos mis seres queridos por su incondicional apoyo.

Todo este proyecto no hubiera sido posible sin ellos.

Torres Lora Luis Alberto

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>xii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Realidad Problemática.....</b>	<b>15</b>
1.1.1 Nivel Internacional.....	15
1.1.2 Nivel Nacional.....	15
1.1.3 Nivel Local.....	16
<b>1.2 Antecedentes de Estudio. ....</b>	<b>19</b>
1.2.1 Nivel Internacional.....	19
1.2.2 Nivel Nacional.....	21
1.2.3 Nivel Local.....	23
<b>1.3 Teorías relacionadas al tema.....</b>	<b>24</b>
1.3.1 Correlación.....	24
1.3.2 Descripción e identificación de la muestra en estudio.....	27
1.3.3 Preservación de la muestra en estudio.....	28
1.3.4 Contenido de humedad.....	28
1.3.5 Límites de Atterberg .....	29
1.3.6 Limite líquido.....	29
1.3.7 Limite plástico .....	30
1.3.8 Índice de plasticidad.....	30
1.3.9 Analisis granulometrico del suelo.....	31
1.3.10 Granulometria por lavado.....	31
1.3.11 Granulometrico por tamizado. ....	32
1.3.12 Granulometria por sedimentacion. ....	33
1.3.13 Clasificación de suelos método SUCS y AASTHO. ....	34
1.3.14 Humedad higroscópica.....	35
1.3.15 Hexametáfosfato de sodio.....	35
1.3.16 Peso específico relativo de los sólidos. ....	36
1.3.17 Actividad coloidal.....	37
1.3.18 Limite de contraccion.....	38
1.3.19 Arcillas. ....	41
1.3.20 Suelos Arcillosos. ....	42
1.3.21 Impacto ambiental. ....	42
1.3.22 Seguridad y salud ocupacional. ....	42
1.3.23 Presupuesto. ....	43
1.3.24 Normatividad.....	43
1.3.25 Definición de términos. ....	44
<b>1.4 Formulación del problema. ....</b>	<b>45</b>
<b>1.5 Justificación e importancia del estudio.....</b>	<b>45</b>
1.5.1 Justificación Científica.....	45
1.5.2 Justificación Social.....	45
1.5.3 Justificación Económica.....	45

1.5.4 Justificación Ambiental .....	46
<b>1.6 Hipótesis</b> .....	<b>46</b>
<b>1.7 Objetivos</b> .....	<b>46</b>
1.7.1 Objetivo general .....	46
1.7.2 Objetivos específicos .....	46
<b>CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	<b>47</b>
<b>2.1 Tipo y diseño de Investigación.</b> .....	<b>48</b>
2.1.1 Tipo de Investigación .....	48
2.1.2 Diseño de investigación.....	48
<b>2.2 Población y muestra.</b> .....	<b>48</b>
2.2.1 Población: .....	48
2.2.2 Muestra: .....	48
<b>2.3 Variables, Operacionalización.</b> .....	<b>48</b>
2.3.1 Variables.....	48
2.3.2 Operacionalización .....	49
<b>2.4 Técnicas e instrumentos</b> .....	<b>51</b>
2.4.1 Técnicas de recolección de datos .....	51
2.4.2 Instrumentos de recolección de datos .....	51
<b>2.5 Procedimientos de análisis de datos.</b> .....	<b>53</b>
2.5.1 Diagrama de flujo de procesos.....	53
2.5.2 Descripción de Procesos .....	54
<b>2.6 Criterios éticos.</b> .....	<b>71</b>
2.6.1 Recolección de datos .....	71
2.6.2 De publicación.....	71
2.6.3 De aplicación.....	71
<b>2.7 Criterios de Rigor Científico.</b> .....	<b>71</b>
2.7.1 Generalidades.....	72
2.7.2 Fiabilidad .....	72
2.7.3 Replicabilidad.....	72
<b>CAPÍTULO III RESULTADOS</b> .....	<b>73</b>
<b>3.1 Resultados en Tablas y Figuras</b> .....	<b>74</b>
3.1.1 Conocer las propiedades físicas (Contenido de humedad, Granulometría por tamizado y sedimentación, límite de Atterberg (Líquido y Plástico), Limite de contracción, del suelo en estudio y realizar su Clasificación SUCS y AAHSTO.....	74
3.1.2 Evaluar la Actividad Coloidal del suelo en estudio. ....	86
3.1.3 Analizar la correlación entre el Limite de Contracción y la Actividad coloidal del suelo en estudio. ....	88
<b>3.2 Discusión de resultados</b> .....	<b>94</b>
<b>CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>95</b>
<b>4.1 Conclusiones</b> .....	<b>96</b>
<b>4.2 Recomendaciones.</b> .....	<b>97</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>98</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>103</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista satelital de la zona de estudio “La Victoria”.	18
<b>Figura 2.</b> Ejemplo de una correlación Lineal	24
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de una correlación polinómica	25
<b>Figura 4.</b> Ejemplo de una correlación potenciales	25
<b>Figura 5.</b> Ejemplo de una correlación exponenciales	26
<b>Figura 6.</b> Ejemplo de una correlación logarítmicas	26
<b>Figura 7.</b> Descripción e identificación del suelo	27
<b>Figura 8.</b> Preservación de la muestra en estudio	28
<b>Figura 9.</b> Grafica para Determinar el límite liquido	30
<b>Figura 10.</b> Análisis granulométrico	31
<b>Figura 11.</b> Análisis granulométrico por tamizado	32
<b>Figura 12.</b> Análisis granulométrico por hidrometría	33
<b>Figura 13.</b> Clasificación de suelos AASHTO	34
<b>Figura 14.</b> Clasificación de suelos SUCS	34
<b>Figura 15.</b> Hexametáfosfato de sodio	35
<b>Figura 16.</b> Calibración de la fiola y con la muestra	37
<b>Figura 17.</b> Escala de los Límites de Atterberg	39
<b>Figura 18.</b> Relación entre el IP y el porcentaje de arcilla menores < 2 $\mu$ m	40
<b>Figura 19.</b> Contracción Lineal	41
<b>Figura 20.</b> Flujo de procesos de investigación de la tesis	53
<b>Figura 21.</b> Tamaño de la muestra	54
<b>Figura 22.</b> Vista Satelital de la Zona de Estudio “La Victoria”	56
<b>Figura 23.</b> Descripción de variación de colores de suelo en estudio	57
<b>Figura 24.</b> Descripción de la condición de humedad de suelo en estudio	57
<b>Figura 25.</b> Condiciones de humedad de suelo en estudio	58
<b>Figura 26.</b> Describir la consistencia de suelo en estudio	58
<b>Figura 27.</b> Cuarteo para obtención de muestras a ensayar	60
<b>Figura 28.</b> Procedimiento de cantidad de agua	61
<b>Figura 29.</b> Granulometría por lavado del material en estudio	62
<b>Figura 30.</b> Granulometría del material retenido después del lavado	63
<b>Figura 31.</b> Limite liquido del material en estudio	64
<b>Figura 32.</b> Limite plástico del material en estudio	64

<b>Figura 33.</b> Colocación de la muestra de suelo en el plato de contracción.....	65
<b>Figura 34.</b> Equipos para límite de contracción.....	66
<b>Figura 35.</b> Pastilla de suelo con parafina para determinar el volumen final .....	66
<b>Figura 36.</b> Toma de lecturas de 2,5,15,30,60,1440 min receptivamente.....	67
<b>Figura 37.</b> Hexametadofato de Sodio para preparación del defloculante.....	68
<b>Figura 38.</b> Equipo de Mesclador de dispersor de suelos .....	68
<b>Figura 39.</b> Eliminación del aire y calibración de la fiola .....	69
<b>Figura 40.</b> Eliminación del aire con la muestra y peso total del ensayo .....	69
<b>Figura 41.</b> Correlación del límite de contracción y la Actividad coloidal del suelo en estudio.....	91
<b>Figura 42.</b> Categorización del suelo en estudio.....	92
<b>Figura 43.</b> Predominación de mineral .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación del grado de correlación .....	27
<b>Tabla 2.</b> Actividad Coloidal de las Arcillas.....	38
<b>Tabla 3.</b> Mineral predominante según su actividad coloidal .....	38
<b>Tabla 4.</b> Normatividad de los ensayos utilizados .....	43
<b>Tabla 5.</b> Variable 1. ....	49
<b>Tabla 6.</b> Variable 2. ....	50
<b>Tabla 7.</b> Cuadro de instrumento de recolección de datos de variable 1. ....	51
<b>Tabla 8.</b> Cuadro de instrumento de recolección de datos de la variable 2 .....	52
<b>Tabla 9.</b> Procedencia de las muestras de suelo en estudio.....	55
<b>Tabla 10.</b> Descripción Visual de suelo en estudio.....	59
<b>Tabla 11.</b> Contenido de humedad.....	74
<b>Tabla 12.</b> % que pasa la N°200 por lavado .....	75
<b>Tabla 13.</b> Límites de Atterberg.....	77
<b>Tabla 14.</b> Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO .....	79
<b>Tabla 15.</b> Humedad higroscópica y peso seco.....	80
<b>Tabla 16.</b> Peso específico relativo de los solidos .....	82
<b>Tabla 17.</b> Porcentajes que pasan los 2 micrómetros.....	83
<b>Tabla 18.</b> Límites de Contracción de los estratos en estudio .....	84
<b>Tabla 19.</b> Actividad coloidal del suelo arcilloso en estudio .....	86
<b>Tabla 20.</b> Categoría del suelo arcilloso en estudio .....	87
<b>Tabla 21.</b> Límite de contracción y Actividad coloidal .....	89
<b>Tabla 22.</b> Matriz de consistencia .....	105
<b>Tabla 23.</b> Resumen de ensayos "calicata 1 y 2" .....	247
<b>Tabla 24.</b> Resumen de ensayos "calicata 3 y 4".....	248
<b>Tabla 25.</b> Resumen de ensayos "calicata 5 y 6".....	249
<b>Tabla 26.</b> Resumen de ensayos "calicata 7 y 8".....	250
<b>Tabla 27.</b> Resumen de ensayos "calicata 9" .....	251

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Contenido de humedad .....	29
<b>Ecuación 2.</b> Índice de plasticidad. ....	30
<b>Ecuación 3.</b> Porcentaje de finos.....	31
<b>Ecuación 4.</b> Porcentaje retenido .....	32
<b>Ecuación 5.</b> Porcentaje acumulado retenido.....	32
<b>Ecuación 6.</b> Porcentaje que pasa acumulado .....	33
<b>Ecuación 7.</b> Diámetro de las partículas .....	33
<b>Ecuación 8.</b> Peso seco en el horno.....	35
<b>Ecuación 9.</b> Peso específico relativo de los solidos.....	36
<b>Ecuación 10.</b> Factor de corrección .....	36
<b>Ecuación 11.</b> Peso específico relativo de los sólidos a temperatura del ensayo.....	36
<b>Ecuación 12.</b> Peso del picnómetro lleno con agua a temperatura del ensayo .....	36
<b>Ecuación 13.</b> Actividad Coloidal.....	37
<b>Ecuación 14.</b> Límite de contracción .....	39
<b>Ecuación 15.</b> Relación de contracción.....	39
<b>Ecuación 16.</b> Cambio Volumétrico .....	40
<b>Ecuación 17.</b> Contracción Lineal.....	40
<b>Ecuación 18.</b> <i>Linea de tendencia del limite de contraccion y actividad coloidal</i> .....	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	104
ANEXO 2. CLASIFICACION SUCS Y AASHTO.....	106
ANEXO 3. ESTRATIGRAFIA.....	136
ANEXO 4. HUMEDAD HIGROSCOPICA .....	146
ANEXO 5. PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS .....	156
ANEXO 6. GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION.....	186
ANEXO 7. LIMITE DE CONTRACCION .....	216
ANEXO 8. CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO .....	246

# **CORRELACIÓN DEL LIMITE DE CONTRACCIÓN Y LA ACTIVIDAD COLOIDAL EN SUELOS ARCILLOSOS, LA VICTORIA - LAMBAYEQUE 2019.**

## **CORRELATION OF THE LIMIT OF CONTRACTION AND COLLOIDAL ACTIVITY IN CLAY SOILS, LA VICTORIA - LAMBAYEQUE 2019.**

Torres Lora Luis Alberto<sup>1</sup>

### **Resumen**

*El presente informe de investigación trata sobre la correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, ya que en los distritos del departamento de Lambayeque hay poca información sobre la correlación propuesta, por la que se motivó a realizar la investigación para determinar una “ CORRELACIÓN DEL LIMITE DE CONTRACCIÓN Y LA ACTIVIDAD COLOIDAL EN SUELOS ARCILLOSOS” para el distrito de La Victoria, siempre teniendo en cuenta y bajo el respaldo de las normativas vigentes para ensayos de mecánica de suelos como el límite de contracción y granulometría por sedimentación con el hidrómetro.*

*En la investigación se tomó un área de estudio de 3 hectáreas, la cual se realizaron 9 calicatas georreferenciadas con coordenadas UTM, en la que se extrajeron 29 muestras representativas del suelo en estudio, en la cual se realizaron los ensayos correspondientes como contenido de humedad, límites de Atterberg, y granulometría por lavado y tamizado, para realizar su clasificación SUCS Y AASTHO. Se realizó el ensayo de granulometría por sedimentación con el hidrómetro, para calcular el porcentaje que pasan los 2 micrómetros y calcular la actividad coloidal de cada muestra, también se determinó el límite de contracción con el método de la parafina y poder así correlacionarla con la actividad.*

*Esta correlación se elaboró para el suelo arcilloso del distrito de La Victoria, puede ser empleados para evaluar obras de edificaciones y pavimentaciones, resulta que al aumentar el límite de contracción la actividad coloidal del suelo arcilloso aumenta. Se tiene una categoría inactiva los suelos con límites de contracción menores a 10% y normal los suelos con un 10 al 20%, y mayores a 20% se encuentran en el rango activo.*

**Palabra Clave:** *Correlación, Contracción, Actividad coloidal, sedimentación.*

## **Abstract**

*This research report deals with the correlation of the contraction limit and the colloidal activity in clay soils, since in the districts of the department of Lambayeque there is little information on the proposed correlation, which motivated the investigation to determine a "CORRELATION OF THE CONTRACTION LIMIT AND THE COLOIDAL ACTIVITY IN CLAY SOILS" for the district of La Victoria, always taking into account and under the support of the regulations in force for soil mechanics tests as the limit of shrinkage and granulometry by sedimentation with the hydrometer.*

*In the research a study area of 3 hectares was taken, which was made 9 georeferenced pits with UTM coordinates, in which 29 representative samples of the soil under study were extracted, in which the corresponding tests were carried out as humidity content, Atterberg limits, and granulometry by washing and sieving, to carry out its SUCS and AASTHO classification. The granulometry test was performed by sedimentation with the hydrometer, to calculate the percentage that passes the 2 micrometers and calculate the colloidal activity of each sample, also the contraction limit was determined with the paraffin method and thus be correlated with the activity .*

*This correlation was developed for the clay soil of the district of La Victoria, can be used to evaluate building and paving works, resulting in increasing the contraction limit of the colloidal activity of the clay soil increases. There is an inactive category soils with shrinkage limits less than 10% and normal soils with 10 to 20%, and greater than 20% are in the active range.*

**Keyword:** *Correlation, contraction, colloidal activity, sedimentation.*

# **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Realidad Problemática.**

### **1.1.1 Nivel Internacional**

(Geoctenia242, 2017) El Fracturamiento y agrietamiento que se observan sobre la superficie en los depósitos arcillosos de la zona metropolitana, se producen al principio de la temporada de lluvias del valle de México, permitiendo filtrar el agua por las grietas superficiales generadas durante las épocas de estiaje, esta actúa como un gato hidráulico una vez dentro de las fisuras.

(Verdugo, 2013) Nos menciona que existen depósitos de arcillas expansivas en los sectores hacia el oriente de Santiago, que se hincan en presencia de agua, provocando grandes daños estructurales en las edificaciones.

En el terreno, hay propiedades indeseables que las arcillas experimentan, como los cambios de volumen en la pérdida o presencia de agua generando así la expansión y contracción del suelo respectivamente, así mismo, la disminución de la capacidad portante y resistencia al corte cuando el contenido de agua incrementa. Nos menciona (Rondon, 2011)

### **1.1.2 Nivel Nacional**

(Republica L. , 2013)El problema principal es que la ciudad de la amistad no se encuentra preparada para un fenómeno climático. En ese entonces el presidente de dicha comisión (CIL) menciona que; en los años 1972, 1983 y 1998 tuvieron periodos de retorno de 10 y 14 años correspondientemente; con lluvias de 25mm/hora en 1998, lo que expresó que la capacidad del alcantarillado que fue sobrepasado en 27 veces más de su capacidad normal. Lo cual origina numerosos daños en los diferentes sectores de la ciudad. Aquedado claro que las precipitaciones pluviales en forma progresiva en zonas urbanas de la ciudad de Chiclayo, JLO y la victoria; no solo son afectada por lo antes mencionado, sino también por inundaciones estacadas ocasionadas por la topografía existente, dañado las edificaciones que en la mayoría son de adobe. Perdiéndose así estas edificaciones por completo o dejándolas inhabitables. Si se tuviera en cuenta las características de los suelos al ser saturada de agua nos daría cuenta de que en algunos sectores varía el comportamiento mecánico, por la presencia de arcilla expansiva; creando así daños irreversibles en las edificaciones, pistas y veredas.

(Republica, 2012)El distrito de villa el salvador posee los suelos más débiles e inestables para construcción de edificaciones. Al no contar con las medidas de seguridad necesarias en una construcción, si ocurriera un terremoto de grado de 8.5; aproximadamente el 60% de las casas de la capital colapsarían. Gran parte de los suelos que se optaron para vivir se encuentran en afloramiento rocosos, con capas potentes de grava, suelos granulares finos y arcillosos; según Zabala Toledo también se les considera aptos para vivir, pero de menor calidad y seguridad. Otros problemas que sufren las edificaciones en Lima es el autoconstrucción, lo que significa que la gente construye sin seguir un reglamento o guía, pudiendo escoger el peor lugar para vivir ya que no se realizan estudios de mecánica de suelos.

(Arnaldo, 1989)La revista nos menciona, que la evidencia de presencia de fallas y agrietamiento en las edificaciones, gran parte del territorio central de lima y distritos vecinos como Rímac, Miraflores y San Isidro se producían por lo asentamiento diferenciales causadas por los suelos expansivos. Los asentamientos diferenciales se producen cuando la sobrepresión se ejerce sobre el suelo expulsando así el agua, generando una disminución del volumen del suelo llamando también efecto “de consolidación”, que redundo en asentamiento diferenciales en el suelo arcilloso compresibles.

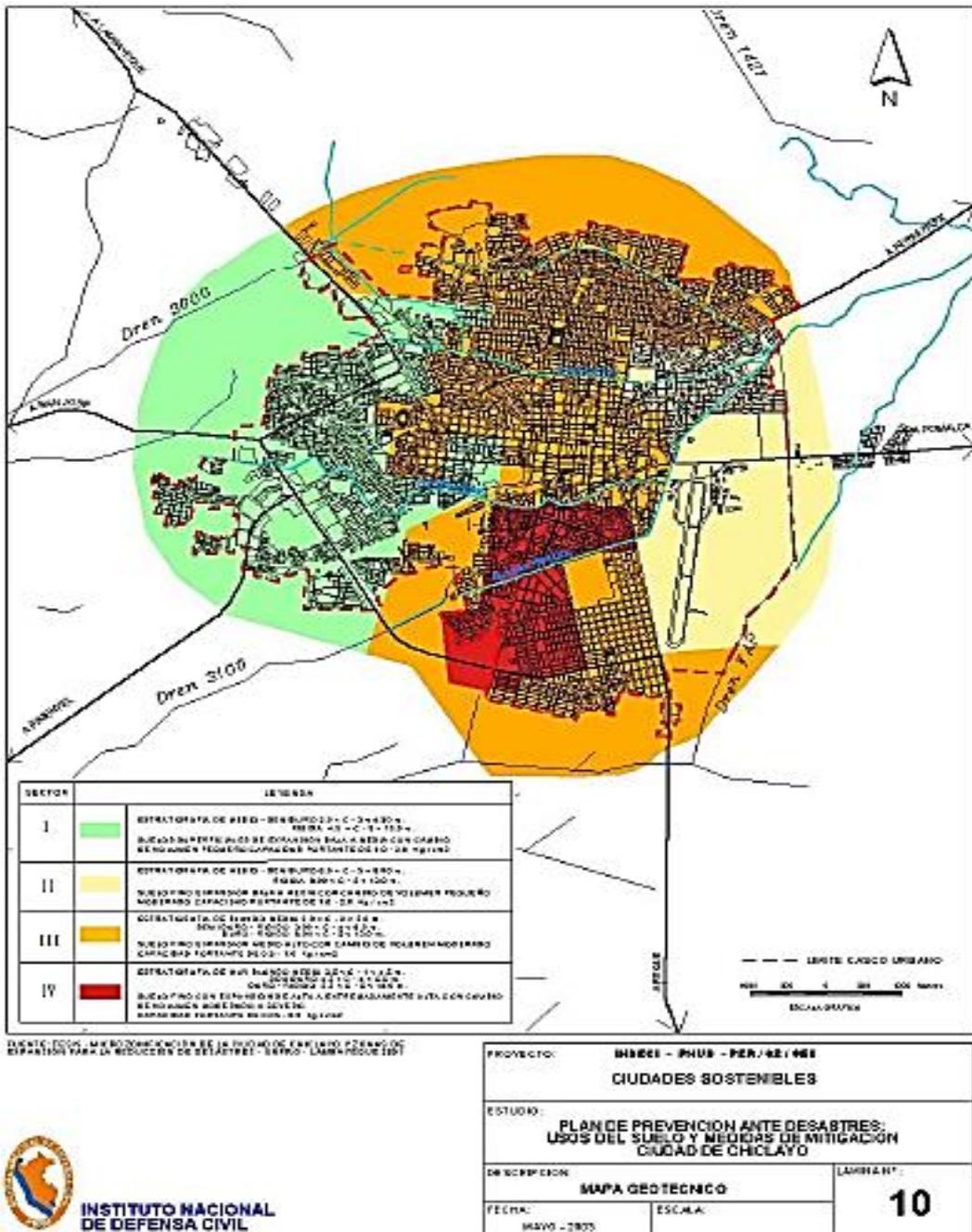
### **1.1.3 Nivel Local**

(INDECI, Mitigación en Chiclayo y el uso del suelo, 2003)En la ciudad de Chiclayo los suelos más predominantes y extendidos son las arcillas, estas se hallan almacenados en los oasis costeros y fondos de valles andinos, los espesores varían de un lugar a otro como también el tipo de arcilla, estos están propenso a los fenómenos de Geodinámica Externa, que se presenta durante el fenómeno del Niño. Prácticamente por las lluvias intensas, este incentiva a los procesos de expansibilidad, el hinchamiento y contracción de los suelos, como también, la saturación de suelos, erosiones, incremento de capa freática, e inundaciones. En los establecimientos humanos de Chiclayo en el sector IV donde la clase de suelo más representativos son las arcillas de media y alta plasticidad, en donde los suelos finos son de expansibilidad alta o extremadamente alta con cambios volumétricos moderados a severos y profundidad de agua de 1 a 2 m y capacidad portante muy baja de 0 a 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

(INDECI, Técnica de uso del Suelo y Propuesta para evitar desastres en la Ciudad de Ferreñafe, 2004)En la ciudad de Ferreñafe se han identificado tres niveles de peligro, las cuales

son los geológicos, geológicos-Climáticos, sus áreas son afectadas por problemas de suelos y atmosféricos, las zonas de peligro alto son las de la parte Norte de la ciudad, la cual estos suelos presentan arcillas y limos de alta expansibilidad. Los tipos de suelos predominantes en la ciudad de Ferreñafe que presentan más peligrosidad son en el sector III, ya que contiene arcillas y limos de alta plasticidad con una consistencia Blanda y Medio, estos son suelos de alta expansibilidad, con una capacidad portante de 0.80 a 0.90 kg/cm<sup>2</sup> al que cuenta con un nivel freático de 1.50m a 2.50m, también nos menciona que entre los lugares donde se halla suelos muy plásticos son por el cementerio, siendo estos de gran vulnerabilidad ante sismo de mayor intensidad, la cual produce fallas de albañilería importantes.

(INDECI, Mapa de Peligros de la Ciudad de Lambayeque, 2003) Existen suelos de expansibilidad alta, formados por Arcillas y Limos de alta Plasticidad, presentando este cambio de volúmenes muy altos, estos suelos se encuentran en la parte Nor -Este y Nor - Oeste, usadas básicamente en áreas de agricultura por el Dren 1400, también por la parte central de la ciudad. Por el Sur hay una tercera zona camino a Chiclayo – Lambayeque, por otro lado, por la carretera a Piura, en el sector del Antiguo Mocce en zona arqueológica. Estos lugares ya mencionados son suelos Arcillosos con capacidad portante de 0.8 a 0.90 kg/cm<sup>2</sup>, con un nivel freático en esta Zona de 1.50m a 2.50m, Son suelos finos y presentan un límite líquido del 50%, y el porcentaje que pasa por la Maya N°200 y N°4 son mayores al 50%.



*Figura 1. Vista satelital de la zona de estudio “La Victoria”.*

*Fuente: (Google Earth, 2018).*

## **1.2 Antecedentes de Estudio.**

### **1.2.1 Nivel Internacional**

(Ortiz, 2012) Nos menciona en su tesis, para optar el Grado de Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga que por los derrames de hidrocarburos y la explotación del petróleo en Colombia, pone en problema y un riesgos significativamente las condiciones del suelo natural están son afectados por la contaminación, lo que ocasionaría el deterioro de la calidad del suelo como recurso; por otro lado, al verse contaminados por estas sustancias, alteraría su estructura como también sus propiedades químicas y físicas, es por eso que el autor de la investigación obtiene como objetivo analizar la parte mecánicas de las arcillas en los suelos debido al pérdida de hidrocarburos superficialmente, como también las propiedades no contaminados, así mismo el porcentaje por peso de 5, 10, 15, y 30 de concentración de hidrocarburos y así poder evaluar los suelos afectados por los derrames de las industria petrolera. Los resultados adquiridos por los diferentes estudios en laboratorio para comprobar y evaluar las variaciones mecánicas, arrojando según los ensayos del límite líquido, nos indica que es un suelo de mínima compresibilidad, sin embargo en  $S_c$  y  $S_d$  con grandes concentraciones del 15 al 30% la cual cambio su denominación a alta compresibilidad; por otro lado los valores obtenidos del límite plástico estuvieron por encima de los suelos no contaminados, los resultados nos indica que concentraciones por debajo del 10% ocasionan una caída del valor del límite plástico. Teniendo como conclusión que los ensayos de limite liquido están por encima de los plásticos, por otro lado con respecto a las constantes del suelo al 30% de contaminación las pruebas demuestran valores muy elevados, y en la relación de contracción los suelos sin contaminar son las más altas, la cual las partículas se acomodan mejor que las contaminadas, adicionalmente; los suelos con contaminación del 10% tuvo una disminución de sus límites de contracción y las de 30% de hidrocarburo demuestran una baja relación de contracción. Donde el autor recomienda que al realizar ensayos de límites y la de contracción la mezcla del suelo deberá ser baja para permitir la fácil permeabilidad del agua por el suelo contaminado, también nos indica que se deberá utilizar hornillas electrónicas y la perdida de este mismo. Siendo así relevante para la investigación, por lo que nos muestra las comparaciones de los resultados de ensayos de Atterberg con suelos contaminados, y así también las recomendaciones para realizar los ensayos con más eficacia.

(Martinez, 2009) Nos señala en su tesis Diseño Geotécnico y estructural de una Cimentación en arcilla expansiva, para optar el grado en la Universidad de México, teniendo como principal problema los suelos expansivos, que afectan mayormente a estructuras pequeñas, y que provoca pérdidas económicas provocadas por este tipo de fenómeno que sufre el suelo. Esta investigación tiene como objetivo considerar los movimientos de una expansión de arcillas, ubicada en el valle de Querétaro, analizando la deformación del suelo que se encuentra en parte saturado, estudiando así la influencia de los cambios de humedad en arcillas expansivas en épocas de estiaje, exponiéndola a pruebas expansiva en odómetros, obteniendo matemáticamente un modelo que estima la tendencias por el aumento de carga externa y hidratación de agua en la partícula de arcilla, y así teniendo como conclusión la iteración suelos-estructura que son cargadas a un programa de computo, además se obtendrán los elementos mecánicos para un diseño de una zapata corrida sobre una arcilla, los resultados obtenidos en este análisis accede determinar los esquemas de asentamiento, fuerza cortante, reacciones como momento flexionante de dicho elemento, permitiendo diseñar racionalmente la estructura analizada, ya en este tipo de suelo arcilloso se podrían ocasionar deformaciones y agrietamiento en la estructura, recomendando así tomar medidas para la disminución y uniformando los movimiento de los terrenos, construyendo así un sistema eficiente de drenaje para alejar y captar el agua del elemento, como construyendo también membranas verticales que impermeabilizan los alrededores de la edificación, siendo así relevante para la presente investigación los ensayos de expansión en odómetros, equipo Geonor y la estimación de movimiento de arcilla expansiva en un esquema de computo realizando iteración suelo-estructura, para el diseño de una cimentación continua en un suelo arcilloso.

(Elizabeth, 2006) Nos menciona en la tesis Relación del Cambio Volumétrico de arcillas Expansivas con su Grado de Saturación, para Optar el grado en la Autónoma de Querétaro, que en muchos países los suelos expansivos representa muchos problemas, la cual causa daños como los agrietamiento en las construcciones por los cambios de humedad en el suelo, teniendo así como objetivo estudiar la succión, expansión y el grado de saturación con diferentes humedades, como también relacionar los porcentajes de grado de saturación con diferentes perfiles durante el tiempo de que se realizó la investigación e inferir los valores de expansión máximo presentado como también la correlación entre la humedad la cual funcione indirectamente a partir de la cantidad de humedad determinada, la cual el auto tuvo como conclusión que el grado de saturación vs porcentaje de expansión tiene un comportamiento no lineal y que dependería de la humedad inicial, por otro lado una de las hipótesis planteadas

cumple, ya que la relación de húmeda vs el grado de saturación tiene una trayectoria casi lineal para efectos prácticos, nos menciona que su primera hipótesis también cumple ya que la expansión del suelo desarrollada con sin ninguna edificación llegan alrededor del 25 al 30%, por lo que en la mayoría de caso se podría estar sobredimensionando la cimentación, ya que en el laboratorio el suelo saturado llega a su máximo expansión, y como el nomograma que propone con medida indirectamente en los suelos expansivos del fraccionamiento de Jurica, Querétaro México, se determina los valores ya mencionados de una forma rápida y sencilla, la cual se puede predecir un aproximado, el comportamiento y la máxima expansión que dicho suelo presenta. Es importante mencionar, que es relevante ya que se puede creer que la profundidad de capa activa puede ser más de tres metros, siendo así a partir del punto de vista de cimentación, un aumento significativo en el costo.

### **1.2.2 Nivel Nacional**

(Alejandro, 2016) Menciona que, en la Propuesta de Cimentaciones sobre Rellenos, que en la zona Nor-oeste de Juliaca muestra una topografía plana extremadamente, lo que provocaría un problema de acumulaciones de agua que esta formaría humedades grandes, y en los tiempos de estiaje estos fueron rellenados la cual efectuaría a las construcciones. Estos suelos son de mala calidad, así como los suelos y agua contaminados químicamente y estos provocarían la presencia deterioros y daños estructurales en los cimientos de las construcciones en la urbanización residencial en dicha ciudad. La cual el autor tuvo como objetivo establecer los daños estructurales ocasionados y los deterioros a las cimentaciones en las construcciones, como también determinar las características de los diferentes tipos de suelo y el nivel de contaminación del agua por las sustancias químicas del relleno utilizado, que afectan la durabilidad, como los agrietamientos por asentamientos de la estructura. Teniendo como conclusión el autor que las humedades del suelo de Villa Medica no son los recomendables, así como la capacidad portante muy baja que esta presenta, ya que el relleno no ha sido controlado, originando daños por el incumplimiento de las características mecánicas adecuadas, además también nos menciona que en dicho lugar la construcción cuenta con un tipo de cimentación de zapata aislada de 1.00m por 1.00m, y cuatro aceros de  $\frac{1}{2}$  con una capacidad portante muy bajas de  $0.13 \text{ kg/cm}^2$  a  $0.49 \text{ kg/cm}^2$ ; debiendo considerar al menos Zapatas combinadas en el diseño. Con respecto al índice de plasticidad sobrepasan los 9.24% siendo estos valores demasiados altos, como también un grado de compactación demasiada

bajo. Recomendando así, al momento de la construcción, un buen proceso de compactación y control de estos suelos con rellenos, por lo general deberán estar libre de sustancias orgánicas y así alcanzar densidades mayores, por otro lado; la estructura deberá ser protegida con recubrimientos o aditivos para prevenir daños de la cimentación por aguas contaminadas químicamente y controlar su durabilidad, Siendo relevante para la investigación las recomendaciones que propone el autor, con la proyección del tipo de cimentación, adecuado a las diferentes características mecánicas que los suelos presentan, como también la correcta protección de la cimentación para prevenir daños. Nos menciona que las construcciones dependen mucho del suelo en que se apoyan. Los suelos inestables generan problemas en las estructuras, fue motivo por las que se han trata de mejorar estos suelos empleando la técnica de la estabilización. A lo largo de las investigaciones se ha notado que cada tipo de suelo y en distintos lugares presentan resultados particulares.

(anyaypoma, 2014) Nos Menciona en su tesis la estabilización de una sub rasante con cal los suelos arcillosos, que en dicho lugar el problema presenta por el suelo arcilloso de baja y alta plasticidad que no cumplen las requerimientos de las criterios técnicas para ser apoyo de estructuras, la cual el autor tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cal como estabilizante, también sus propiedades mecánicas y físicas del suelo arcillosos, la cual tuvo como conclusión que con la aumento de cal en porcentajes de 0% a 6% los comportamientos del LL disminuye, de 67, 57% al 0% de cal llegando a su máxima disminución al 4% de 51,15% y el aumento del LP de 47% con cal de 4% al 30,70% con cal al 0%. Recomendando así que en futuras investigaciones sería importante tomar en cuenta el PH del suelo en estudio con diferentes dosis de cal. Siendo relevante, ya que la investigación propone mejorar la calidad de suelos arcillosos con cal hidratada, siendo así un aporte bueno para mejorar sus propiedades.

(Milagros, 1992) Nos menciona en su tesis sobre Suelos Expansivos en Talara, que en la zona norte presenta problemas de suelos expansivos, la mayor parte está relacionada con las estructuras pequeñas. Fundamentalmente el problema es de deformación por la expansión y contracción del suelo al estar expuesto a cambios de humedad, ocasionando agrietamiento que son considerables en las edificaciones que están apoyados en estos suelos. El clima juega in papel importante en el proceso de secado por eliminación de riegos, desarrollando grietas por contracción llegando así a la profundidad activa de expansión, al desarrollarse esta desecación diferencial produce esfuerzos internos en las arcillas ocasionando agrietamientos verticales y horizontales. Teniendo como objetivo el tomar muestras alteradas y realizar ensayos básicos de laboratorio, como los límites de Atterberg, poder tener mayor cantidad de datos

permitiéndonos obtener claras las condiciones del terreno. Teniendo como conclusión que las estructuras livianas o superficiales son las más expuestas por la expansión de suelos. En la ciudad de Talara estas arcillas ocasionan daños a edificaciones al estar en contacto con humedad, ya sea por riegos o roturas de tuberías como también en las épocas de lluvias. Por lo tanto, al presentarse estos tipos de suelos expansivos sería difícil dar una solución única, como también el tipo de cimentación a utilizar, ya que influyen varios factores. Entonces, el autor da una serie de metodología como recomendaciones que se podría seguir para sí escoger el tipo de cimentación apropiada como; identificar el problema, estimar espesor de capa activa y cambios de humedad, determinación de propiedades de arcillas expansivas, y así seleccionar el tipo de estructura y calculo. Esta tesis es relevante ya que nos explica que metodologías tendríamos que tomar en cuenta para escoger el tipo de cimentación, como también tener en cuenta las condiciones climáticas donde se llevaran a cabo la construcción.

### **1.2.3 Nivel Local**

Al realizar una búsqueda de antecedentes, en el ámbito local no se ha podido encontrar investigación alguna referente al tema, por tal motivo se ha designado por acudir a las demás variables que comprenden la investigación, siendo estas importancia para el desarrollo.

(Juan, 2015) En las edificaciones, existen información sobre la ocurrencia de daños y la existencia de arcilla expansiva en la parte norte del Perú, algunos ensayos han indicado la posible presencia de arcilla expansiva en el nororiente peruano. Se muestra un mapa de zonificación de suelos expansivos en el norte y nororiente peruano.

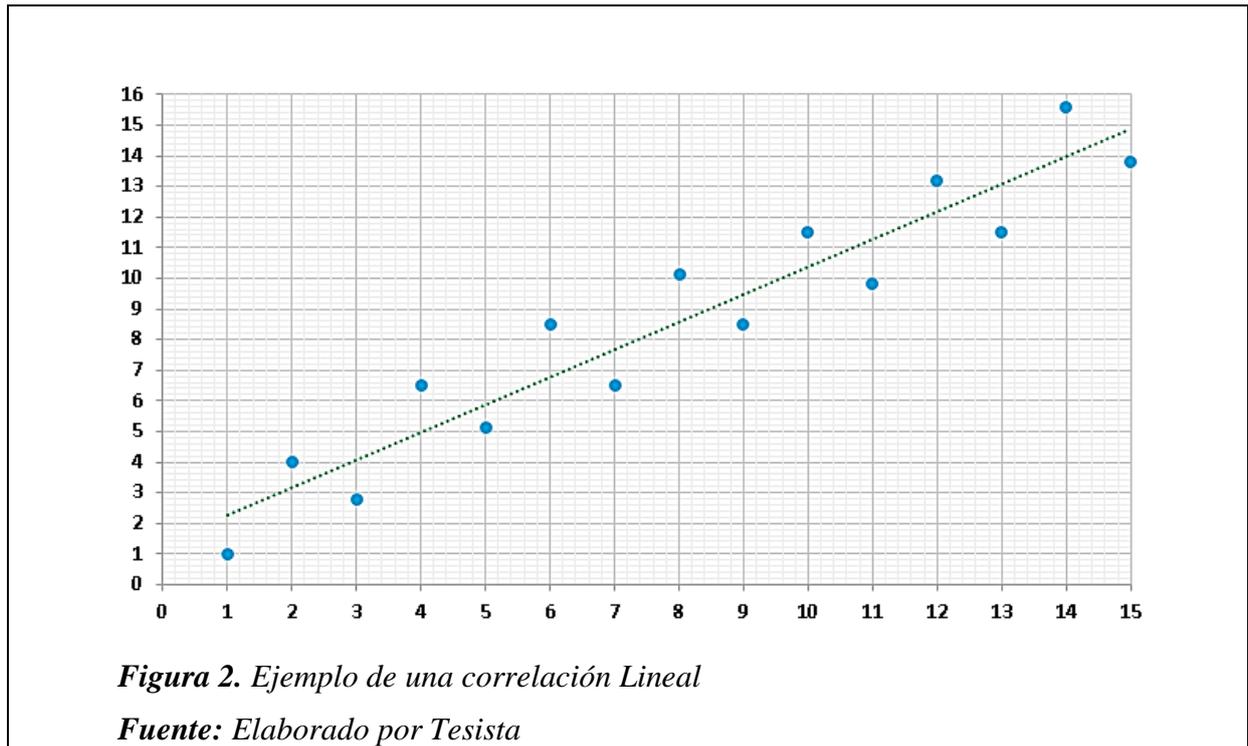
### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1 Correlación

##### 1.3.1.1 Regresión Lineal.

Correlación lineal está asociada en función lineal de la siguiente forma:

$$f(x, a) = a_0 + a_1x \quad a = (a_0 + a_1)$$



##### 1.3.1.2 Regresión no Lineal.

Mide el nivel de intensidad de esta posible relación entre las variables. Este coeficiente se aplica cuando la relación que puede existir entre las variables.

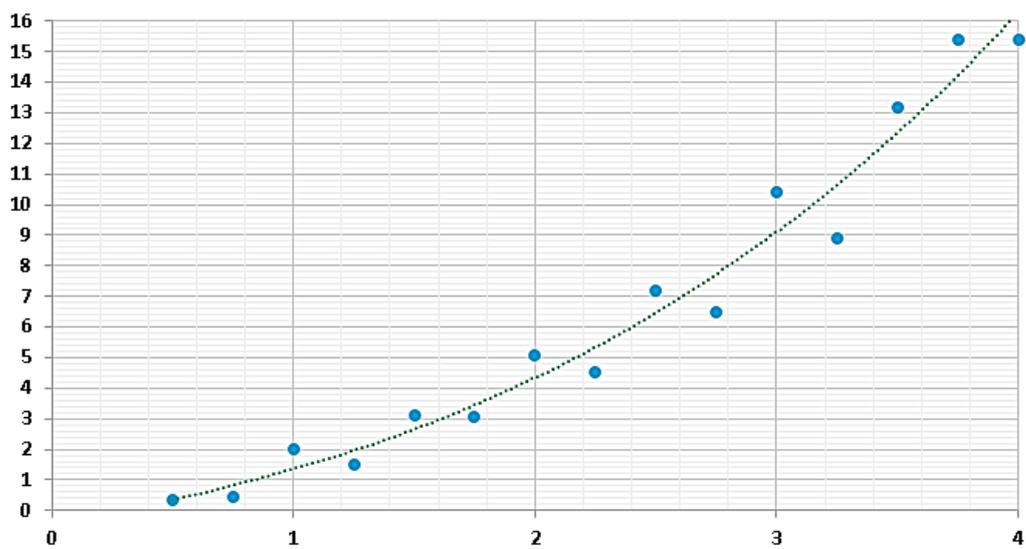
###### A) Polinómicas.

###### a) Cuadráticas:

$$f(a, x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad a = (a_0, a_1, a_2)$$

###### b) En general de grado menos a más:

$$f(a, x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad a = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$$



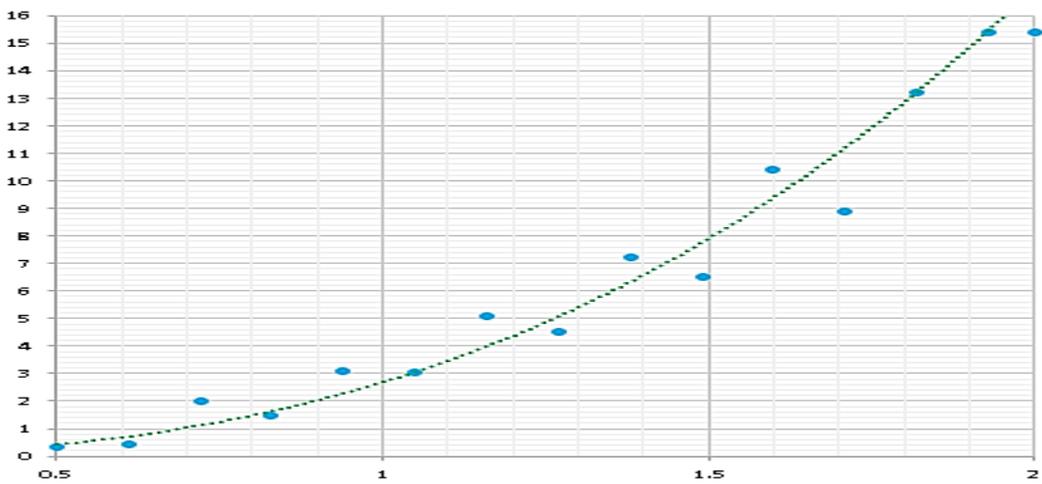
**Figura 3.** Ejemplo de una correlación polinómica

**Fuente:** Elaborado por Tesista

B) Potenciales.

$$f(a, x) = a_0 x^{a_1}$$

$$a = (a_0, a_1)$$

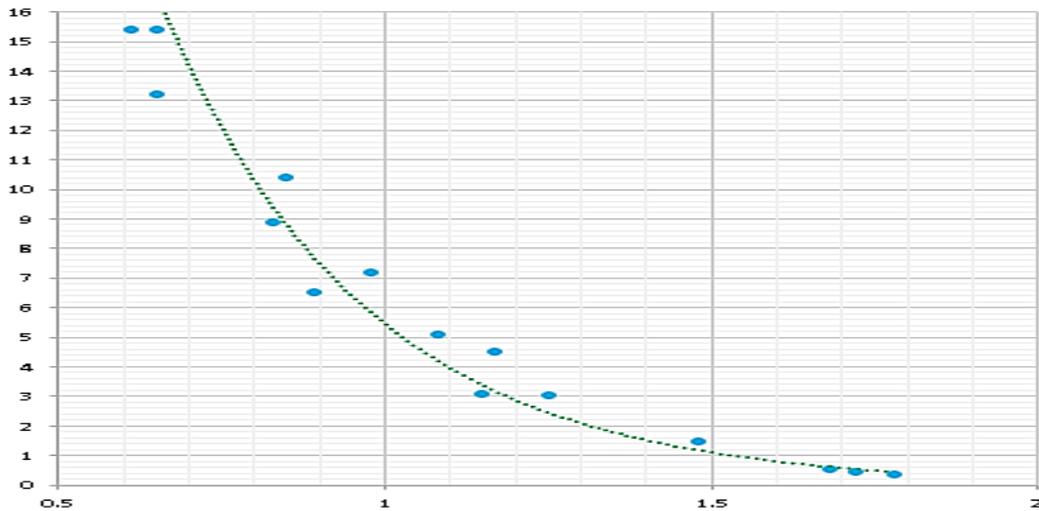


**Figura 4.** Ejemplo de una correlación potenciales

**Fuente:** Elaborado por Tesista

C) Exponenciales.

$$f(a, x) = a_0 \cdot (a_1)^x \quad a = (a_0, a_1)$$

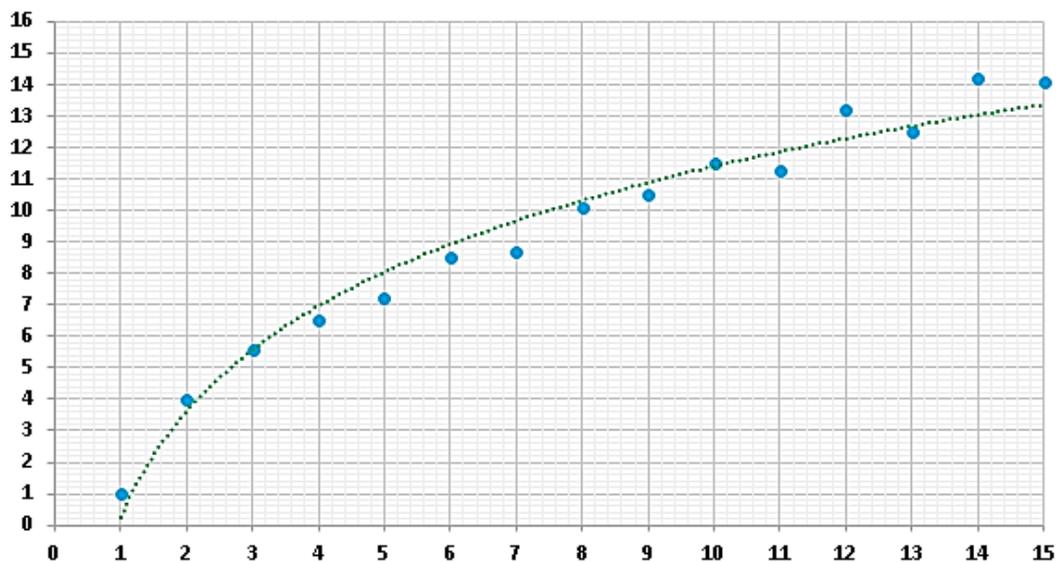


**Figura 5.** Ejemplo de una correlación exponenciales

**Fuente:** Elaborado por Tesista

D) Logarítmicas.

$$f(a, x) = a_0 + a_1 \cdot \ln x \quad a = (a_0, a_1)$$



**Figura 6.** Ejemplo de una correlación logarítmicas

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 1.3.1.3 Grado de correlación.

El nivel de correlación de variables se define según el valor del componente “r”, tal como se indicará en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Clasificación del grado de correlación

Correlación	Valor o Rango
Perfecta	$r=1$
Excelente	$0.9 \leq r < 1$
Buena	$0.8 \leq r < 0.9$
Regular	$0.5 \leq r < 0.8$
Mala	$r < 0.5$

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 1.3.2 Descripción e identificación de la muestra en estudio.

(N.T.P, Procedimiento Visual - Manual., 2001) El objetivo de esta norma se limita a partículas menores de 3 pulgadas. Nos indica que las arcillas es la que pasa por el tamiz N° 200 y que muestra resistencia al secarse. Donde los puntos que tomaremos para descripción del suelo en el informe será su color, ya que son propiedades que ayudara a identificar los suelos orgánicos. Condición de humedad: nos describe bajo los criterios de la norma, si la muestra está seca, humedad o saturada. Consistencia: se describe si la muestra es de consistencia muy dura o dura, firme, muy blanda.



**Figura 7.** Descripción e identificación del suelo

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 1.3.3 Preservación de la muestra en estudio.

(N.T.P, Preservación y transporte de Suelo, 2001) Esta norma nos indica la correcta protección y traslado de la muestra de suelos en campo hacia el laboratorio para así ser sometidos a los diferentes ensayos. También, nos menciona que está constituido por cuatro grupos las cuales para la investigación presente se enfocaran para el Grupo B y C. Entonces, para el sellado de las muestras se utilizará parafina tapándolo con un disco de metal de 2mm y una cinta impermeable, así también su colocación a bolsas plásticas resistentes, con un empaque que proteja con todo lo mencionado en la norma. Al finalizar, se realizará el informe correspondiente con los datos propuestos por la norma.



*Figura 8. Preservación de la muestra en estudio*

*Fuente:* Elaborado por Tesista

### 1.3.4 Contenido de humedad

(N.T.P, Metodo de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo, 1998) Nos menciona que el principio del método es encontrar la pérdida de peso debido al secado en horno 110 °C, la precisión de la balanza dependerá de la cantidad de muestra en peso a utilizar ya indicado en la norma, para que la muestra sea representativa no se usara menos de 20g, según la norma.

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

*Ecuación 1. Contenido de humedad*

Donde:

$W\%$  = Contenido de humedad

$W_w$  = Peso del agua

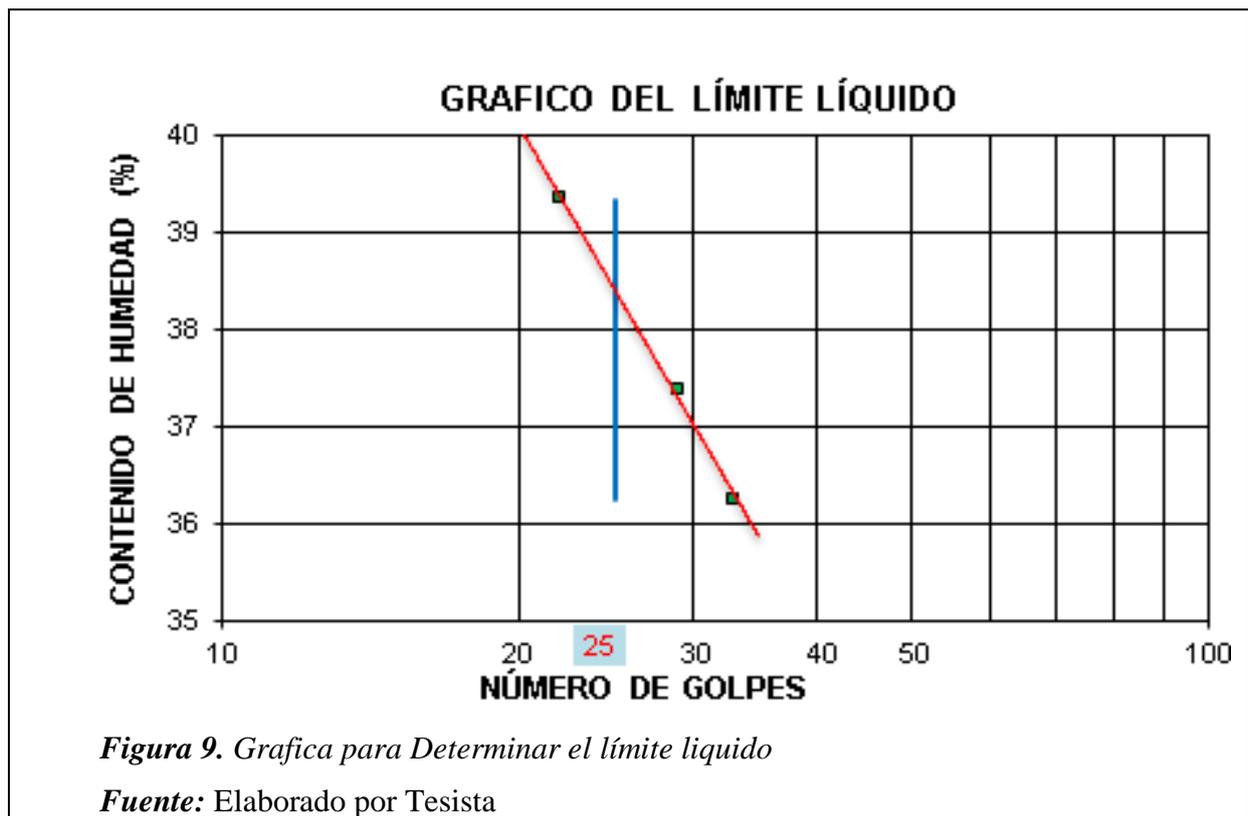
$W_s$  = Peso Seco al horno

### **1.3.5 Límites de Atterberg**

(N.T.P, Ensayo para determinar el LL, LP e ÍP de los Suelos, 1999) En este manual se concentrará en tres límites de los seis que Atterberg desarrollo, definiendo así la consistencia como la facilidad de deformación, siendo así el límite liquido referido en porcentaje, siendo así la cantidad de agua cuando el suelo se encuentra entre el LL y el LP, y el IP la cantidad de agua entre el plástico y semisólido, la diferencia entre estas cantidades de agua vendría ser el índice de plasticidad.

### **1.3.6 Limite líquido**

El procedimiento para establecer el LL será la colocando en la copa de bronce separándolo por una ranura, determinando de la cantidad de golpes que pide tal material para unirse. La muestra representativa será de unos 150 a 200 g de material que pase el tamiza N°40. Se extraerá una porción de suelo con diferente cantidad de golpes y se le sacará el porcentaje de humedad, mediante una gráfica se colocará la humedad la cantidad de golpes, el LL será a los 25 golpes.



### 1.3.7 Límite plástico

En LP se toma 10g de muestra y se hará hilos de unos 3.2 mm, se enrollarán hasta el punto de quiebre, el LP será el porcentaje de humedad de dicha muestra. Todos los casos el agua deberá ser destilada o desmineralizada.

### 1.3.8 Índice de plasticidad

El IP es la cantidad de agua del suelo, indicado como una proporción de la masa seca, dentro del cual está en un estado plástico.

$$IP = LL - LP$$

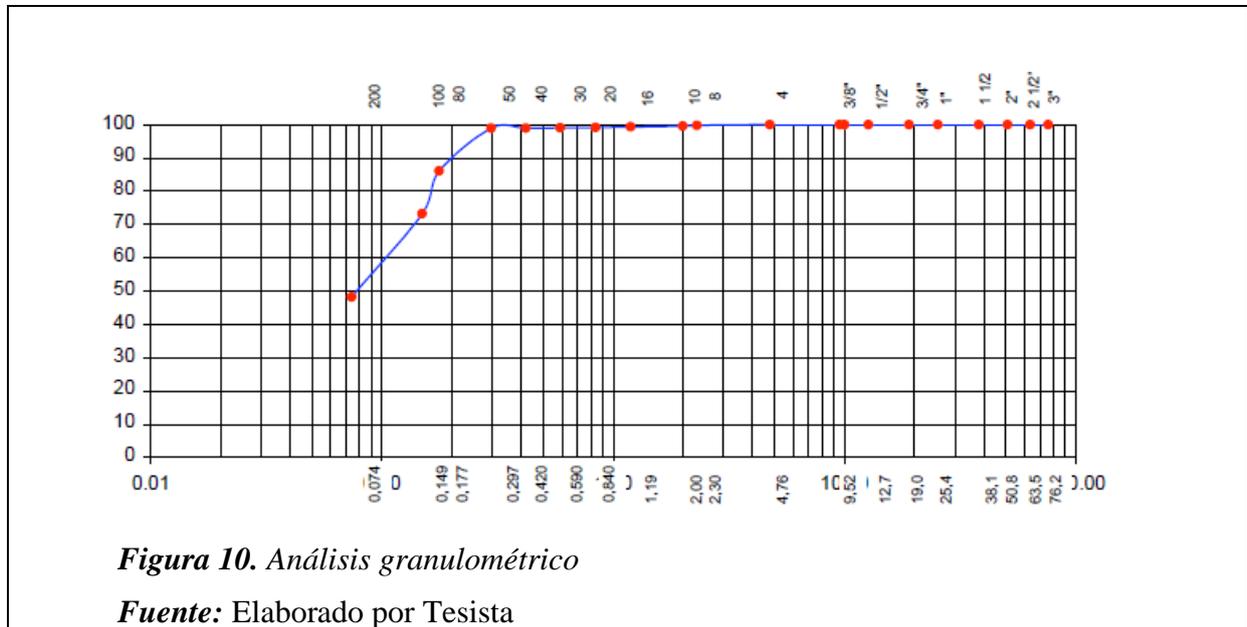
**Ecuación 2.** Índice de plasticidad.

Donde:

- LP = Índice de plasticidad
- LL = Límite líquido
- LP = Límite Plástico

### 1.3.9 Analisis granulometrico del suelo.

(N.T.P, Analisis por tamizado, 1999) Esta técnica sirve para establecer las distribuciones de partículas de suelos en estudio.



### 1.3.10 Granulometria por lavado.

Este método se determinará la cantidad fino de suelo que logra pasar por la N° 200. Se escogerá una muestra representativa de unos 500 gramos aproximadamente secado al horno.

$$\% Mf = \frac{Ps}{Wt} * 100$$

**Ecuación 3.** Porcentaje de finos

Donde:

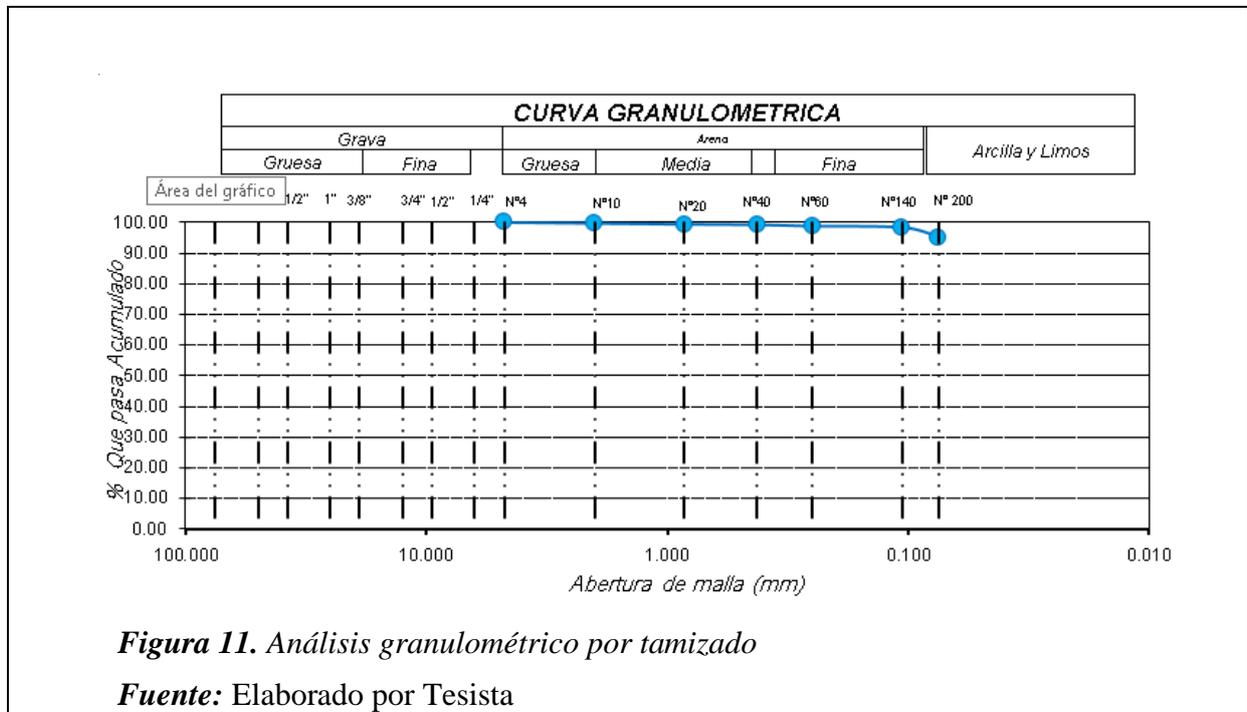
$\% Mf$  = Porcentaje de finos

$Ps$  = Peso seco en el horno despues del lavado

$Wst$  = Peso seco total de la muestra ensayar

### 1.3.11 Granulometrico por tamizado.

Las partículas acumuladas en la N° 200. se pasará por tamizado, los tamices estándar usados para determinar la gradación del suelo son: N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200.



$$\%Ret = \frac{Wr}{Wst} \times 100$$

**Ecuación 4. Porcentaje retenido**

Donde:

$\%Ret$  = Porcentaje retenido

$Wr$  = Peso Retenido

$Wst$  = Peso seco total de la muestra ensayar

$$\%RetAcum = \sum \%Ret$$

**Ecuación 5. Porcentaje acumulado retenido**

Donde:

$\%RetAcum$  = Porcentaje acumulado retenido

$\sum \%Ret$  = Sumatoria de porcentaje retenido

$$\%PasaAcumu = 100 - \sum \%Ret$$

**Ecuación 6.** Porcentaje que pasa acumulado

Donde:

$\%PasaAcumu =$  Porcentaje que pasa Acumulado

### 1.3.12 Granulometria por sedimentacion.

Las partículas menores de este tamiz serán por un proceso basado por la ley de Stokes por sedimentación. En este caso, nos concentraremos en el ensayo al que el material pasa por el tamiz N°10 siendo estos suelos limosos o arcillosos.

$$D = \sqrt{\frac{30 * \eta}{980 * (G - G_1)}} * \frac{L}{T}$$

**Ecuación 7.** Diámetro de las partículas

Donde:

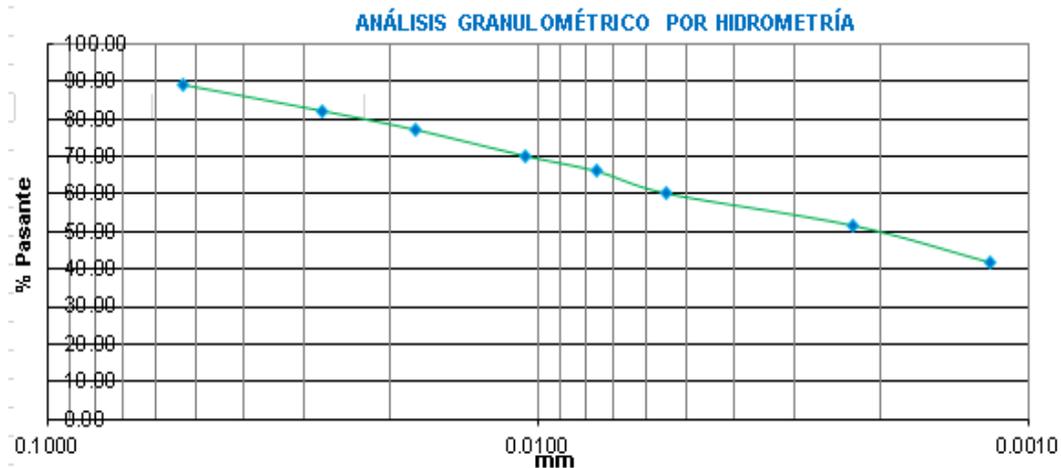
$D =$  Diámetros de las partículas en milímetro

$\eta =$  Coeficiente de viscosidad

$L =$  Profundidad efectiva

$G =$  Gravedad específica de las partículas de suelo

$G_1 =$  Gravedad específica del medio en suspencion (tomar 1)

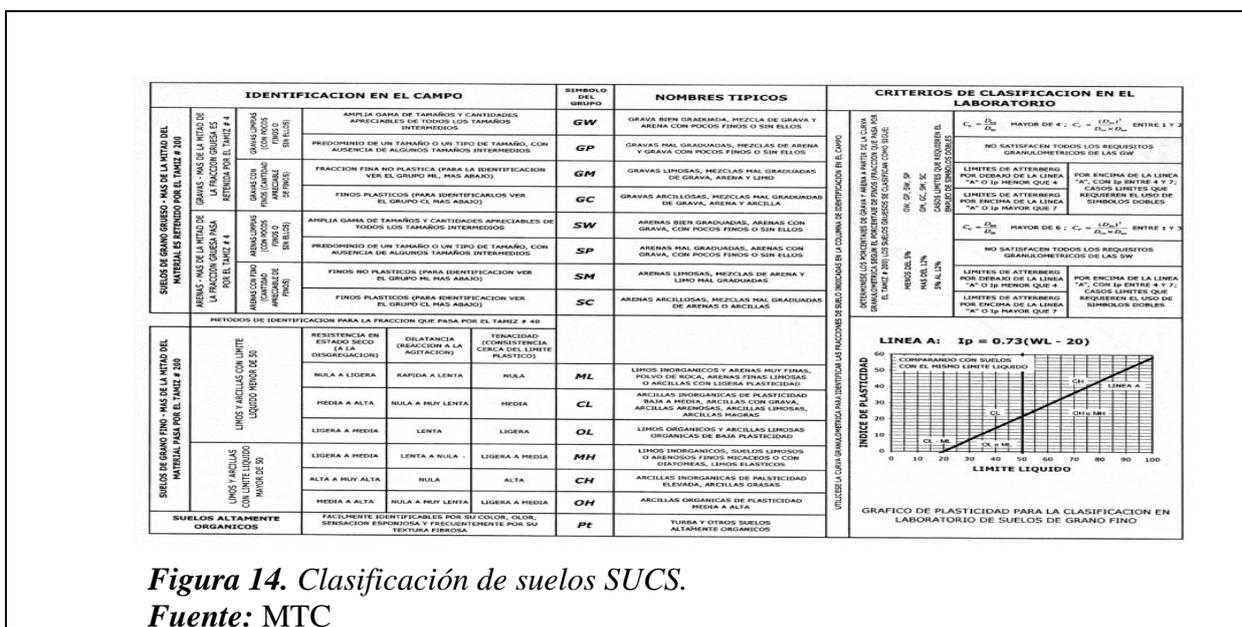
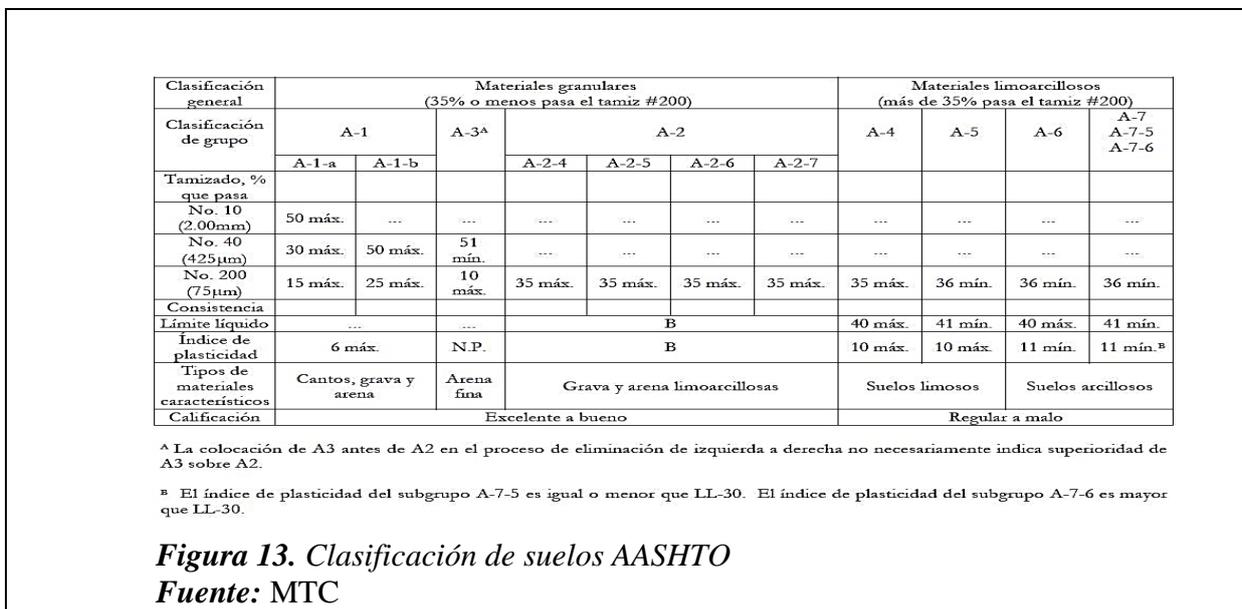


**Figura 12.** Análisis granulométrico por hidrometría.

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 1.3.13 Clasificación de suelos método SUCS y AASTHO.

(N.T.P, Metodo SUCS, 1999) El objetivo de esta norma es describir el suelo en estudio basándose en los resultados obtenidos anteriormente ya mencionados, están divididos en 15 grupos de suelos básicamente, a estos les asigna símbolos y nombres quedándose así clasificados, esto ayudara a correlacionar los diferentes tipos de suelos para un buen comportamiento en la ingeniería. Las arcillas son suelos finos que marca una plasticidad mayor o igual a 4, y que la ubicación en la gráfica cae sobre la línea A. Para los suelos menores al 5% de contenido de humedad se realizará un gráfico de distribución de tañamos de partículas acumulativas.



**Figura 14. Clasificación de suelos SUCS.**  
Fuente: MTC

### 1.3.14 Humedad higroscópica.

Se calculara la humedad higroscopica establecer el peso seco de una muestra para en ensayo de sedimentacion.

$$W_s = \frac{W_{ss}}{\left(\frac{\%W}{100} + 1\right)}$$

*Ecuación 8. Peso seco en el horno*

Donde:

W% = Contenido de humedad

W<sub>s</sub> = Peso seco en el horno

W<sub>ss</sub> = Peso seco superficialmente

### 1.3.15 Hexametafosfato de sodio.

Sirve como dispersantes y desfloculantes compuestos de carbonatos y sulfatos de calcio. Además, Opera como sal estabilizadora.



*Figura 15. Hexametafosfato de sodio.*

*Fuente:* Elaborado por Tesista

### 1.3.16 Peso específico relativo de los sólidos.

(N.T.P, Gravedad específica, 1999) Dicho ensayo se podrá ensayar con suelos seco o natural, para un suelo seco la muestra representativa será de 25 g. Cuando se ensaya con suelo natural la cantidad de humedad se determinará al final del ensayo, en suelos arcillosos la norma nos menciona que deberá dispersarse en agua destilada, antes de ser colocada en el picnómetro. El informe se indicará la cantidad de muestras que se ensayó, y el promedio de los resultados obtenidos.

$$G_{S(20^{\circ}C)} = G_{S(Te)} * K$$

**Ecuación 9.** *Peso específico relativo de los sólidos*

Donde:

$G_{S(20^{\circ}C)}$  =  $G_S$  a temperatura de 20°C

$G_{S(Te)}$  =  $G_S$  a temperatura del ensayo

$K$  = Factor de corrección

$$K = \frac{\gamma_{w(Tx)}}{\gamma_{w(20^{\circ}C)}}$$

**Ecuación 10.** *Factor de corrección*

Donde:

$\gamma_{w(Tx)}$  = Peso específico del agua a temperatura con la muestra

$\gamma_{w(20^{\circ}C)}$  = Peso específico del agua a temperatura de 20 °C

$$G_S = \frac{W_s}{W_{(p+w)} - W_{(p+w+s)} + W_s}$$

**Ecuación 11.** *Peso específico relativo de los sólidos a temperatura del ensayo*

Donde:

$W_s$  = Peso de la muestra seca

$W_{(p+w+s)}$  = Peso del picnómetro, agua y muestra

$W_{p+w(tx)}$  = Peso del picnómetro lleno con agua a temperatura X.

$$W_{p+w(tx)} = \frac{\gamma_{w(Tx)}}{\gamma_{w(tc)}} * (W_{p+w(tc)} - W_p) + W_p$$

**Ecuación 12.** *Peso del picnómetro lleno con agua a temperatura del ensayo*

Donde:

$\gamma_{w(Tc)}$  = *Peso específico del agua a temperatura de calibración*

$\gamma_{w(Tx)}$  = *Peso específico del agua a temperatura X*



**Figura 16.** *Calibración de la fiola y con la muestra*

**Fuente:** *Elaborado por Tesista*

### 1.3.17 Actividad coloidal.

El término 'actividad', para distinguir la plasticidad de la fracción de arcilla del suelo, y (David, 2012) precisó la Actividad Coloidal que vendría hacer uno indicador de expansión-contracción potenciales que ocasionarían problemas. Las arcillas con  $A < 0,75$  se catalogan 'inactivas'; arcillas donde  $0,75 < A < 1,25$ . La Actividad Coloidal se calculará con la siguiente expresión:

$$A = \frac{IP}{\%Pasa\ 2\mu m}$$

**Ecuación 13.** *Actividad Coloidal*

Donde:

$A$  = *Actividad coloidal*

$IP$  = *Índice de plasticidad*

$\%Pasa\ 2\mu m$  = *Porcentaje de suelo que pasa los 2 micrometros*

**Tabla 2.** *Actividad Coloidal de las Arcillas*

Actividad Coloidal	Categoría de Suelos
<0.75	Inactivo
0.75 - 1.25	Normal
>1.25	Activo

**Fuente:** Elaboracion Propia

**Tabla 3.** *Mineral predominante según su actividad coloidal*

Clasificación	Actividad Coloidal	Mineral Predominante
Baja	$A \leq 1$	Caolinita
Mediana	$1 < A \leq 4$	Illita
Alta	$A > 4$	Montmorillonita

**Fuente:** Elaboracion Propia

### 1.3.18 Limite de contraccion.

(Manual de ensayos de materiales, 2006) Son constantes de suelos. Estos factores se determinan únicamente en suelos cohesivos, que al momento de estar secos al horno presenten resistencia. Entre estos ensayos encontramos el límite de contracción, que viene hacer un porcentaje de contenido de agua, que llenara los espacios vacíos del suelo en estudio, al hallar su proporción de vacíos más baja, obteniendo el valor por secado en horno. Este ensayo se puede evaluar el potencial de contracción de suelos cohesivos. Por otro lado, otro factor seria la relación de contracción, prácticamente sería el porcentaje de volumen seco, con la variación de su cantidad de agua, por arriba del LC. Así mismo, se calcularía el cambio volumétrico, como el cambio de masa expresado en porcentaje de volumen seco, al reducirse la cantidad de agua, hasta el LC, también se puede calcular a partir de la humedad equivalente. Otro ensayo no menos importante es la CL, esta se establecerá con un aproximado al entero más cercano, y viene hacer la reducción de una dimensión dada de suelo con la de una dimensión real, al disminuir la cantidad de humedad desde la humedad equivalente hasta el LC. Por último, peso específico aproximado, viene hacer el peso de muestra seca en horno, dividido por el volumen de partículas reales del suelo, se podrá calcular con el ensayo de CV. Se calculará con respecto a la formula siguiente:

$$LC = \%W - \frac{V_i - V_f}{W_s} * \gamma_w * 100$$

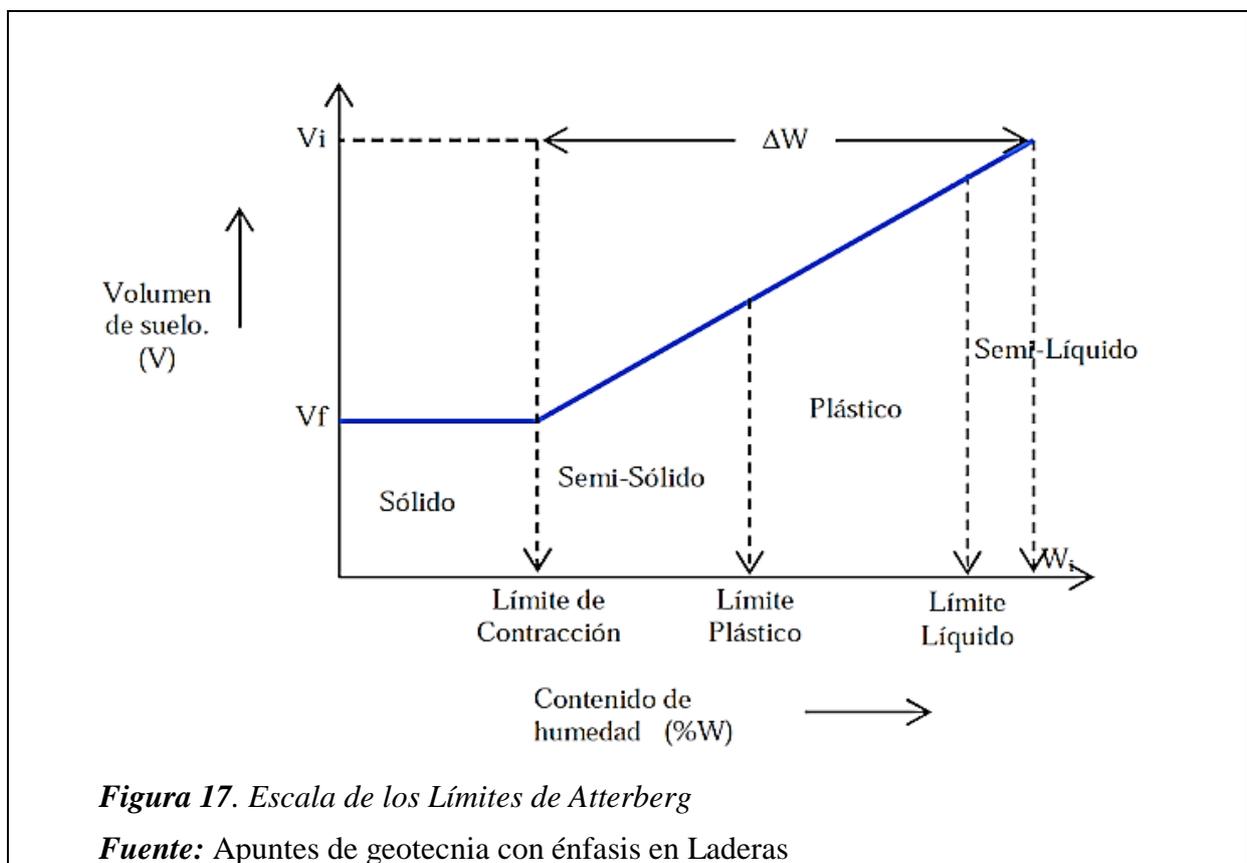
**Ecuación 14. Límite de contracción**

Donde:

$LC$  = Límite de contracción

$V_i$  = Volumen inicial de la pastilla

$V_f$  = Volumen final de la pastilla



$$R = \frac{W_{ps}}{(V_f * \gamma_w)}$$

**Ecuación 15. Relación de contracción**

Donde:

$R$  = Relación de Contracción

$W_{ps}$  = Peso de la pastilla seca

$$CV = (LC - W_w) * R$$

**Ecuación 16. Cambio Volumétrico**

Donde:

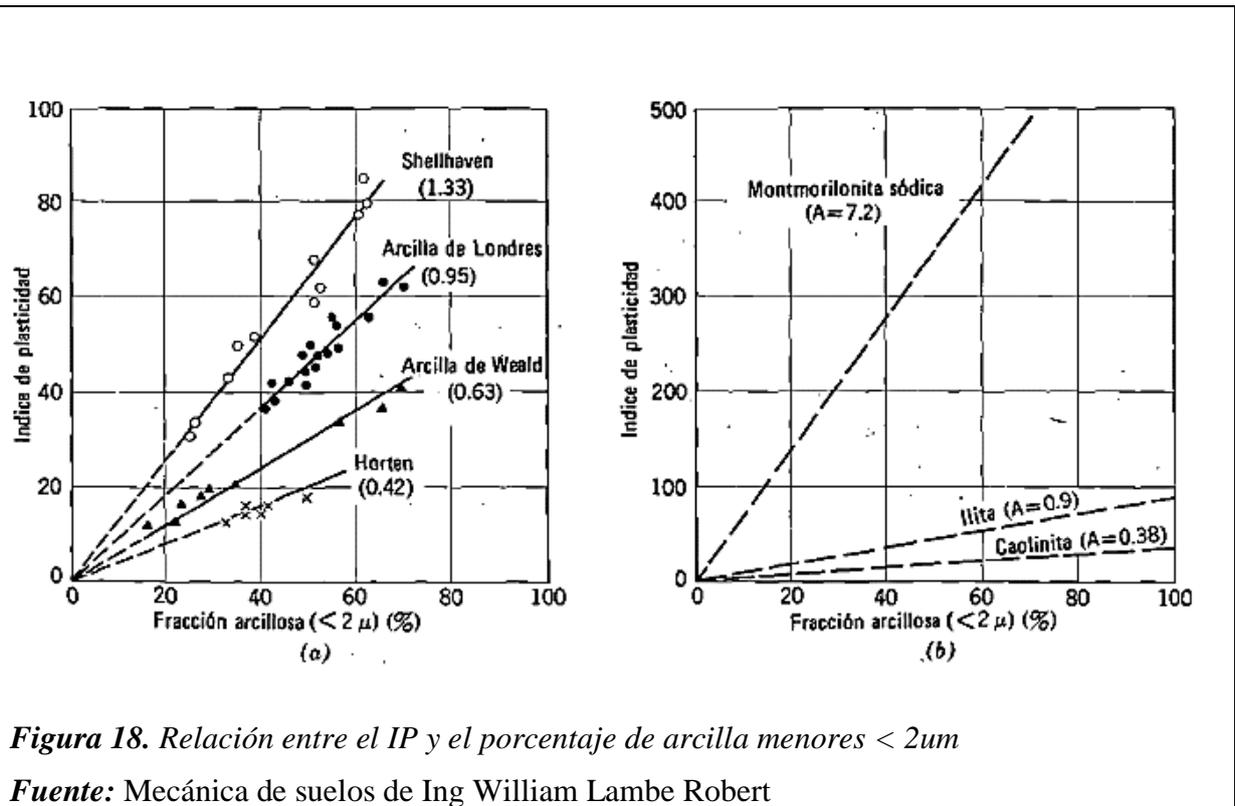
$CV$  = Cambio Volumetrico

$$CL = \left[ 1 - \sqrt[3]{\frac{100}{CV + 100}} \right] * 100$$

**Ecuación 17. Contracción Lineal**

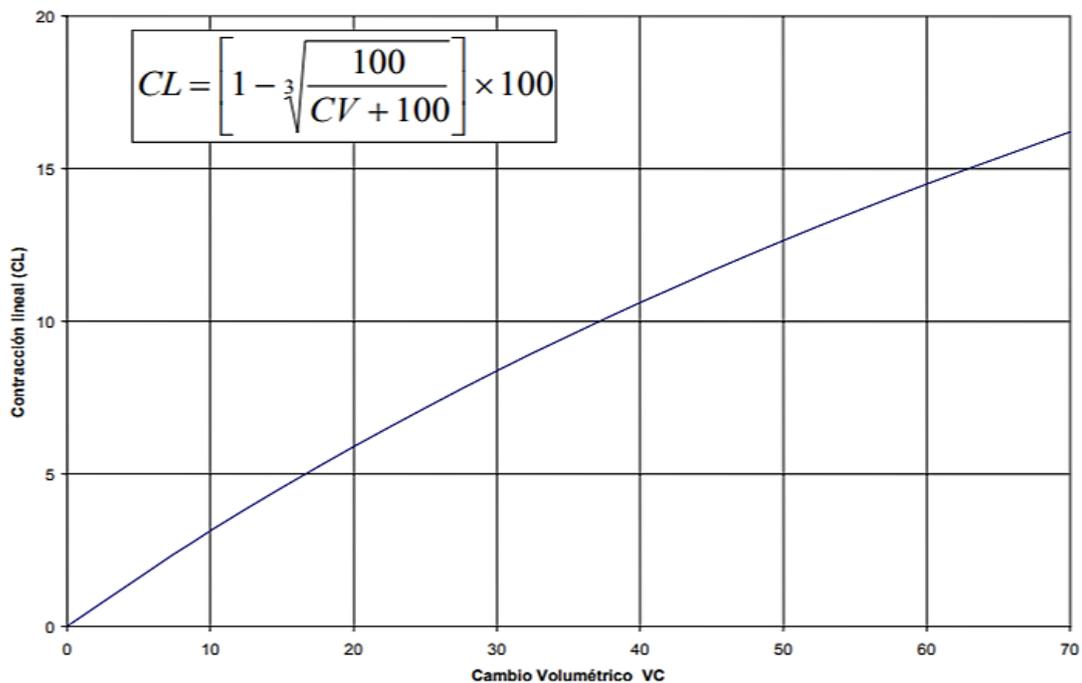
Donde:

$CL$  = Contraccion Lineal



**Figura 18. Relación entre el IP y el porcentaje de arcilla menores < 2um**

**Fuente:** Mecánica de suelos de Ing William Lambe Robert



**Figura 19.** Contracción Lineal

**Fuente:** Apuntes de geotecnia con énfasis en Laderas

### 1.3.19 Arcillas.

Siendo un desafío la construcción sobre arcilla ya que se expanden al humedecerse y contraen al secarse según (Villalaz, 2004) la arcilla es llamada también porciones sólidas menores del 0.005mm. Al ser revuelta con agua, tiene una propiedad la de volverse plástica. La estructura compuesta por minerales usualmente cristalina y complicada. Se clasifica en tres grupos: El coilinitico, son arcillas bastantes estables al tener presencia de agua. El montmorilonitico pertenecientes a las bentonitas, es una arcilla que sufre una vigorosa expansión lo que ocasiona inestabilidad al estar expuesta al agua. Elitico, estas arcillas no son tan expansibles como el anterior, son que tienden a formar una especie de grumos por la existencia de iones de potasio. Generalmente, al estar clasificado por cualquiera de los tres grupos de arcillas, estas serán plásticas, presentarán cohesión marcada según la humedad, se contraerán al secarse. Además, se comprimen lentamente al aplicarles una carga en la superficie.

### **1.3.20 Suelos Arcillosos.**

Por lo tanto, (arquinetpolis, 2018) Nos dice que los suelos arcillosos al exponerse a la humedad están sujetos a hincharse y al perder agua se contraen, ya que en estos tipos de suelos tratara de separarse de la estructura al producirse este fenómeno llamado expansión. Este fenómeno ocurrido generalmente en los suelos arcillosos es llamado arcillas expansivas, estos tipos de suelos por lo regular cuentan con una zona activa de 6 metros alrededor. Los suelos arcillosos cuando tiene poca humedad son duros y al estar en presencia de agua se vuelve plástica, modificándose su consistencia, por lo tanto, al realizar construcciones en este tipo de suelo es muy importante considerar la humedad y el clima al momento de determinar el tipo de cimentación, nos recomienda que, en suelos blandos se podría considerar losas de cimentación o pilotes y en semi-blandos y rígidos zapatas corridas o aisladas.

### **1.3.21 Impacto ambiental.**

Esta investigación tendrá un impacto de forma positiva en el medio ambiente ya que se determinará la actividad del suelo arcillo para evitar posibles colapsos de obras que afecten a la naturaleza y así proponer alternativas de solución; en la cual se buscó reforzar una visión integral para la conducción de los recursos naturales, gestión y evaluación de los impactos ambientales en este proyecto visto en planes de desarrollo, para certificar decisiones sostenibles y económicamente rentables

### **1.3.22 Seguridad y salud ocupacional.**

En la sociedad actual , ya que cada día se requiere mayor nivel de asistencia para los trabajadores para que el bienestar del ser humano se traduzca en productividad efectiva ;además durante el proceso de trabajo se generan riesgos que afectan la actividad del trabajador , la salud, el estilo de vida y las condiciones de vida , por lo que es necesario crear un ambiente de trabajo adecuado, donde a través de un estudio se identifiquen y minimicen los riesgos ocupacionales de los mismos , de acuerdo al ambiente y actividad realizada.

### 1.3.23 Presupuesto.

La fuente de financiamiento para el proyecto de investigación: “CORRELACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN Y LA ACTIVIDAD COLOIDAL EN SUELOS ARCILLOSOS, LA VICTORIA - LAMBAYEQUE. 2019” fueron recursos propios.

### 1.3.24 Normatividad.

**Tabla 4.** Normatividad de los ensayos utilizados

Código NTP	Título
339.150	SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual.
339.127	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
339.129	SUELOS. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos
339.128	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
339.134	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS)
339.131	SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo
339.140	SUELOS, Método de ensayo para determinar los factores de contracción un suelos
339.151	SUELOS. Muestra alterada en bolsa de plástico

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### **1.3.25 Definición de términos.**

**ASTM:** Association Estándar American of Materials.

**Equipo:** Elementos auxiliares para la elaboración de un trabajo.

**NTP:** Norma Técnica Peruana

**Gs:** Relaciona el peso específico del solido con respecto al peso específico del agua.

**Correlación:** Consiste básicamente en analizar la relación recíproca entre dos o más acciones o fenómenos opuestos por un mismo rasgo distintivo.

**Arcilla:** Son roca sedimentaria disgregadas compuestas por agregados de silicatos de aluminio, hidratados.

**Bentonita:** Grano muy fino del tipo de montmorillonita .

**Granulometría:** Distribución de tamaños de partículas en mallas correspondientes.

**Límite Líquido (LL):** Propiedad física que consiste en la cantidad de agua a los 25 golpes.

**Límite Plástico (LP):** Característica física de un suelo al pasar al estado semisólido.

**Plasticidad:** Es atribuible al contenido de partículas de tamaño muy finas.

**Expansividad:** Es una propiedad física de los suelos que puede evaluarse en una cimentación.

**Hidrometría:** Mide la velocidad, la fuerza y entre otras características dinámicas.

**Sedimentación:** Proceso del suelo cuando es transportado.

**Contracción:** Acortamiento o reducción de del suelo.

## **1.4 Formulación del problema.**

¿Cuál será la correlación entre el Limite de Contracción y la actividad Coloidal en los suelos arcillosos en estudio?

## **1.5 Justificación e importancia del estudio.**

### **1.5.1 Justificación Científica**

(Reynoso, 1997) Porque en el desarrollo de esta investigación producirá nuevos conocimientos objetivos sobre la realidad observable, en el campo de la geología, conocimientos que son producidos a través de un proceso llamado investigación científica, y siguiendo un método aplicada a la ingeniería: Se podrá establecer los procedimientos para determinar la correlación entre el límite de contracción y la actividad coloidal del suelo arcilloso.

### **1.5.2 Justificación Social**

(Civil, 2003) Porque contribuirá directamente con la población y la municipalidad del distrito de La Victoria, ofreciendo un estudio de ensayos de contracción para determinar la actividad coloidal del suelo, mitigando los riesgos donde se construiría obras futuras.

### **1.5.3 Justificación Económica**

Por qué el proyecto debe practicar las características de ser una mediación definida en tiempo que involucre la aplicación de capitales públicos con el fin de extender, optimizar y actualizar la capacidad fabricante de bienes, Ayudaría a prevenir o mitigar las pérdidas económicas, causadas por obras que serían destruidas o inhabitables por no haber tenido en cuenta una evaluación de la actividad coloidal del suelo arcilloso que intervienen en este tipo de fenómeno. (Finanzas, 2018)

#### **1.5.4 Justificación Ambiental**

Porque al evaluar y determinar su Actividad coloidal con respecto al Límite de contracción los suelos arcillosos del distrito de La Victoria podríamos tener en cuenta ciertos parámetros del terreno de fundación. (Ambiente, 2018)

#### **1.6 Hipótesis**

Si existe correlación del límite de contracción entonces tendrá más actividad coloidal en suelos arcillosos.

#### **1.7 Objetivos**

##### **1.7.1 Objetivo general**

Determinar la correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos.

##### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Conocer las propiedades físicas (Contenido de humedad, Granulometría por tamizado y sedimentación, límite de Atterberg (Líquido y Plástico), Límite de contracción, del suelo en estudio y realizar su clasificación SUCS y AAHSTO.
- Evaluar la Actividad Coloidal del suelo en estudio.
- Analizar la correlación entre el Límite de Contracción y la Actividad coloidal del suelo en estudio.

## **CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODO**

## **2.1 Tipo y diseño de Investigación.**

### **2.1.1 Tipo de Investigación**

Tipo de enfoque Cuantitativa; haciendo referencia a partir del análisis de cantidad e involucra a un proceso de estudio número. (Balet, 2018)

### **2.1.2 Diseño de investigación**

Diseño Correlacional, debido a que asocia los valores del límite de contracción y la Actividad coloidal del suelo en estudio para obtener una relación entre ellas.

## **2.2 Población y muestra.**

### **2.2.1 Población:**

Compone al suelo arcilloso en la zona de estudio del distrito de La Victoria.

### **2.2.2 Muestra:**

Las muestras constituyen 3 hectáreas de suelo arcilloso de la zona de estudio del distrito de La Victoria – Lambayeque.

## **2.3 Variables, Operacionalización.**

### **2.3.1 Variables**

#### *2.3.1.1 Variables 1*

Límite de contracción

#### *2.3.1.2 Variables 2*

Actividad Coloidal

### 2.3.2 Operacionalización

**Tabla 5.** Variable 1.

Variable 1	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Técnicas de Recolección de Datos	Instrumento de recolección de datos	Instrumento de medición	Escala de medición
Límite de Contracción	Características físicas	Contracción del suelo	Volumen de parafina	cm <sup>3</sup>	Observación	Guía de observación	Balanza, Recipiente	Razón
			Volumen Inicial del suelo	cm <sup>3</sup>	Observación	Guía de observación	Probeta graduada, recipiente de vidrio	Razón
			Volumen Final del suelo	cm <sup>3</sup>	Observación	Guía de observación	Probeta graduada, recipiente de vidrio	Razón
			Humedad	%	Observación	Guía de observación	Horno, Balanza	Razón

**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Tabla 6. Variable 2.**

Variable 2	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Índice	Técnicas de recolección de Datos	Instrumento de recolección de datos	Instrumento de medición	Escala de medición
Actividad Coloidal	Propiedades Físicas	Contenido de Humedad	Humedad	%	Observación	guía de observación	Horno, Balanza	Razón
		Índice de plasticidad	Limite Liquido	%	Observación	guía de observación	Copa Casa Grande	
			Limite Plástico	%	Observación	guía de observación	Vidrio Esmeril	
		Diámetro de las partículas < 2 micrómetros	Granulometría por lavado	%	Observación	guía de observación	Tamiz N°200	Razón
			Granulometría por tamizado	%	Observación	guía de observación	Juego de Tamices	Razón
			Granulometría por sedimentación	%	Observación	guía de observación	Jarra, Hidrómetro, Termómetro	Razón
			Peso específico relativo de los solidos	adm	Observación	guía de observación	Fiola, Matraz, Termómetro	Razón

**Fuente:** Elaborado por Tesista

## 2.4 Técnicas e instrumentos

### 2.4.1 Técnicas de recolección de datos

**Observación:** Ya que se apreció y se registró en campo y en laboratorio los ensayos que nos ayudaría a obtener las propiedades físicas del suelo en la zona de estudio del distrito de La Victoria, registrando en una base de datos con los formatos correspondiente y estándares de la información obtenida en cada estudio. (Manuel, 2012) Esta técnica viene hacer el portador de las características que son objeto de estudio de las variables.

**Análisis documentario:** Según la teoría relacionada a esta investigación se analizó, adjunto y selecciono temas de tesis, normas vigentes, artículos científicos, y tesis en general.

### 2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

**Guía de observación:** En cada ensayo que se realizó, se empleó formatos convenientes a cada ensayo realizadas en el programa Microsoft Excel, para la recopilación de los datos, manejando las normas técnicas vigentes para cada uno de estos, con el fin de facilitar los procesos.

**Guía de análisis documental:** Se emplea guías como las normativas NTP Y ASTM, que establecen especificaciones apropiadas y adecuadas para la determinación de los resultados lo más confiable posible.

*Tabla 7. Cuadro de instrumento de recolección de datos de variable 1.*

<b>Variable 1</b>	<b>Ensayos</b>	<b>Instrumento de Recolección de Datos.</b>
Límite de contracción	Factores de Contracción de los suelos	Formato para la determinación del límite de contracción.

**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Tabla 8.** Cuadro de instrumento de recolección de datos de la variable 2

Variable 2	Ensayos	Instrumento de Recolección de Datos
Actividad Coloidal	Contenido de humedad (N.T.P. 339.127/ ASTM D2216)	Formato de contenido de humedad
	Método de ensayo para el análisis granulométrico (N.T.P. 339.128/ D-422)	Formato para el análisis Granulométrico
	Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos (N.T.P. 339.129/ D-4318)	Formato para límite líquido, plástico e índice de plasticidad de suelos
	Peso específico relativo de los sólidos (N.T.P. 399.131)	Formato de peso específico relativo de los sólidos

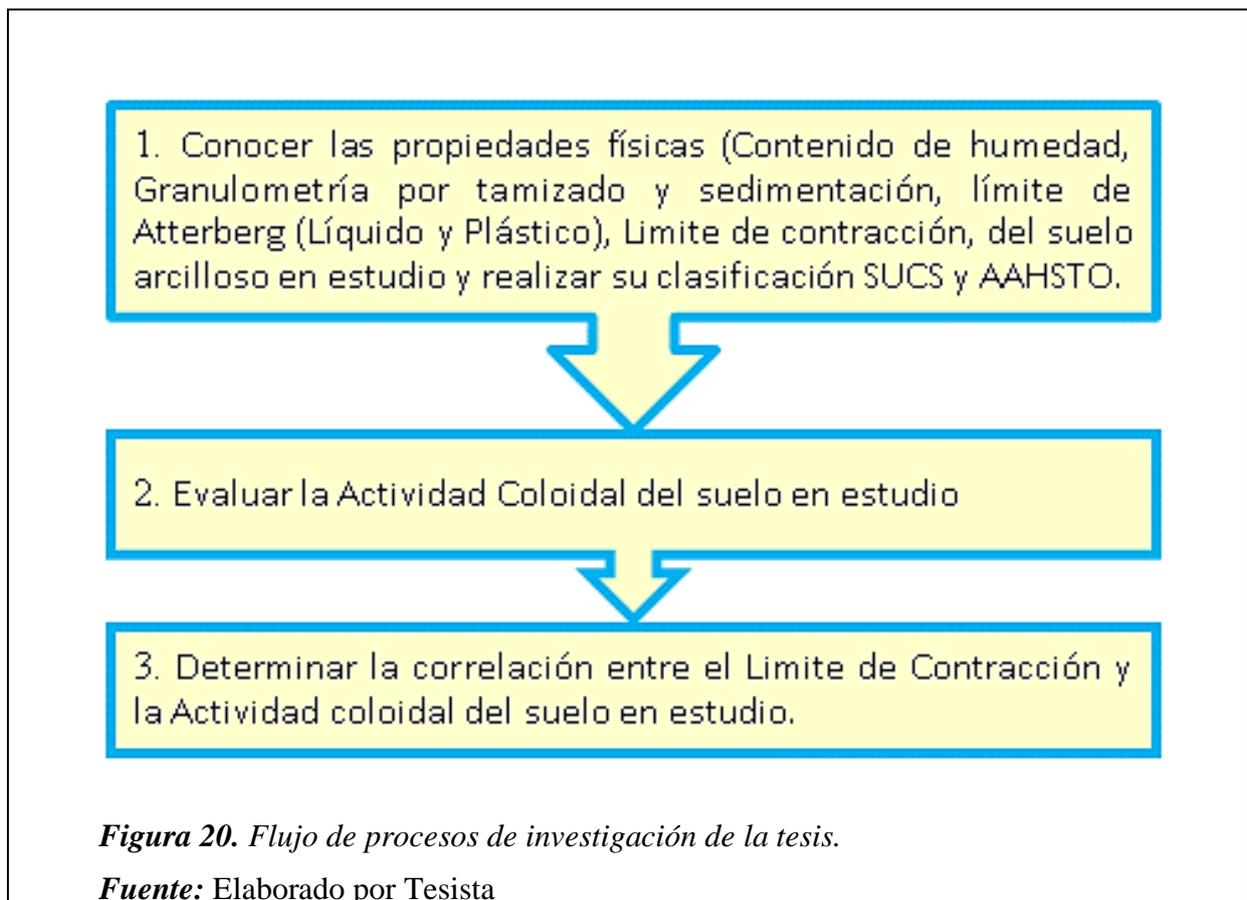
**Fuente:** Elaborado por Tesista

## 2.5 Procedimientos de análisis de datos.

Mediante el enfoque cuantitativo se realizarán cálculos estadísticos de forma descriptiva que permite determinar y analizar estadísticamente los ensayos aplicados en esta investigación. Usando también el software de Microsoft Office Excel.

Por lo tanto, los datos que se recopilan durante el proceso de ensayos de laboratorio serán analizados y comparados con los parámetros establecidos por las normativas vigentes. Al finalizar el conocimiento que se obtiene sobre este tema se tendrá la evaluación de la calidad en suelos arcillosos en cimentaciones superficiales con indicadores a escala.

### 2.5.1 Diagrama de flujo de procesos



## 2.5.2 Descripción de Procesos

2.5.2.1 Conocer las propiedades físicas (Contenido de humedad, Granulometría por tamizado y sedimentación, Limite de Atterberg (Líquido y Plástico), Límite de contracción, del suelo arcilloso en estudio y realizar su clasificación SUCS y AASHTO.

### A Ubicación de muestras en la zona de estudio

Con ayuda de los mapas mostrados por INDECI en el que, se identificó los suelos arcillosos con cambio de volumen moderado a severo, para una zona de estudio de 3 hectáreas, siendo un total de 9 puntos de estudio. Por la que en cada estrato de cada punto de extrajeron 5 kilos de muestra de suelo. La presente tabla detalla la descripción de los puntos de estudio y las coordenadas UTM.

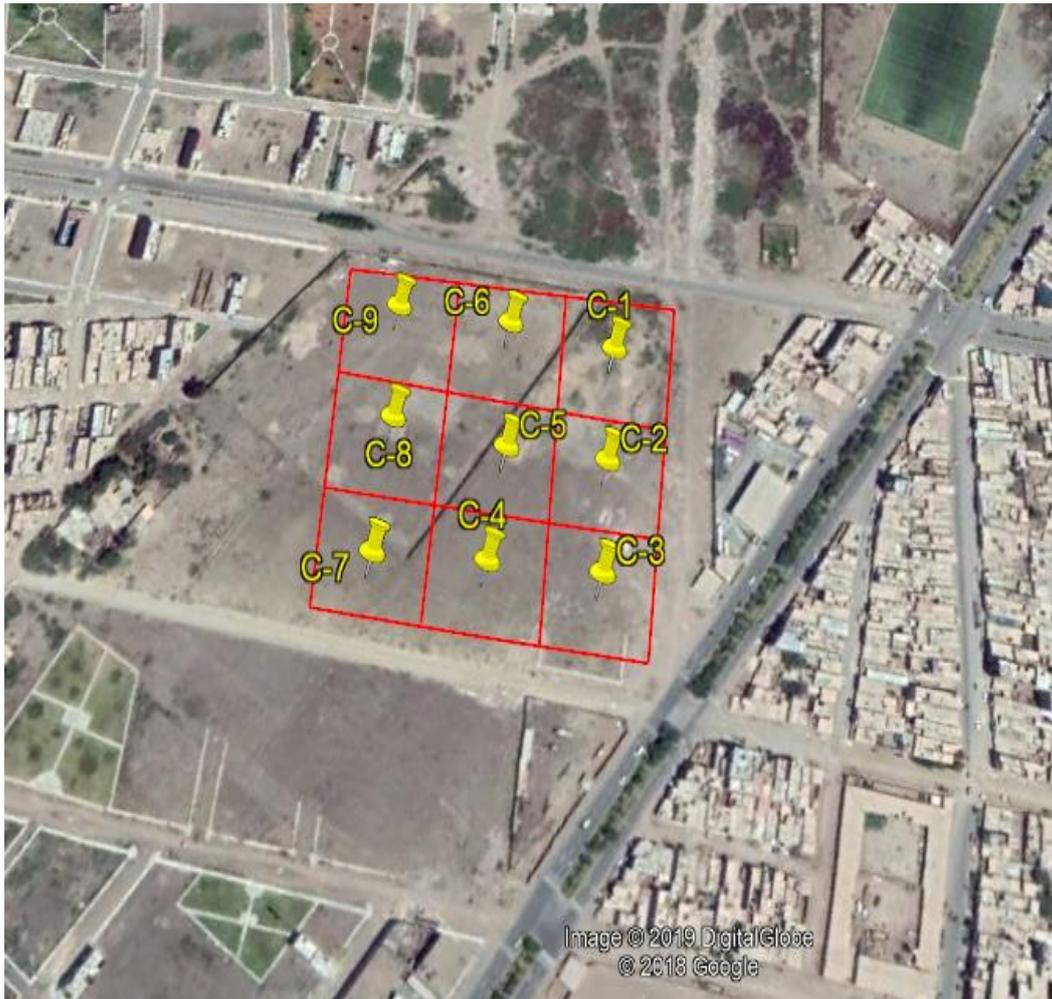


**Tabla 9.** Procedencia de las muestras de suelo en estudio.

Provincia	Distrito	Muestra	Estratos	Coordenadas UTM	
Chiclayo	La Victoria	C-1	C-1 M-1	627074.00 E	
			C-1 M-2	17M	9248616.00 S
			C-1 M-3		
			C-1 M-4		
		C-2	C-2 M-1	627094.00 E	
			C-2 M-2	17M	9248564.00 S
			C-2 M-3		
		C-3	C-3 M-1	627114.00 E	
			C-3 M-2	17M	9248515.00 S
			C-3 M-3		
		C-4	C-4 M-1	627057.00 E	
			C-4 M-2	17M	9248549.00 S
			C-4 M-3		
			C-4 M-4		
		C-5	C-5 M-1	627042.00 E	
			C-5 M-2	17M	9248549.00 S
			C-5 M-3		
		C-6	C-6 M-1	627016.00 E	
			C-6 M-2	17M	9248606.00 S
			C-6 M-3		
		C-7	C-7 M-1	627001.00 E	
			C-7 M-2	17M	9248477.00 S
			C-7 M-3		
		C-8	C-8 M-1	626980.00 E	
			C-8 M-2	17M	9248538.00 S
			C-8 M-3		
		C-9	C-9 M-1	626956.00 E	
C-9 M-2	17M		9248589.00 S		
C-9 M-3					

**Fuente:** Elaborado por Tesista

## Captura satelital en zona de estudio del distrito de La Victoria



**Figura 22.** Vista Satelital de la Zona de Estudio “La Victoria”.

**Fuente:** (Google Earth,2018).

### *B Descripción e identificación de suelos*

Previamente se realizó una caracterización mediante la indagación visual y ensayos manuales del suelo en estudio.

#### *B.1 Información descriptiva de suelos*

##### *B.1.1 Color*

Se describió el color de todas las muestras según la visualización.



**Figura 23.** Descripción de variación de colores de suelo en estudio

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### B.1.2 Condición de humedad

Se Describió la humedad como seca, húmeda o saturada, de acuerdo a la siguiente figura.

#### Cuadro de descripción de humedad

##### CONDICIONES DE HUMEDAD

Descripción	Criterios
Seca	- Ausencia de humedad, polvorosa, seca al tacto.
Húmeda	- Húmeda pero sin agua visible.
Saturada	- Generalmente cuando el suelo está bajo el nivel freático - Agua visible.

**Figura 24.** Descripción de la condición de humedad de suelo en estudio.

**Fuente:** N.T.P. 339.150 Visualización y descripción.



**Figura 25.** Condiciones de humedad de suelo en estudio

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### B.1.3 Consistencia

Se describirá la consistencia, de acuerdo a la siguiente figura.

#### Crterios en función a su consistencia

##### CRITERIOS PARA DESCRIBIR LA CONSISTENCIA

Descripción	Criterios
Muy blanda	= El dedo pulgar penetra en el suelo más de 25 mm.
Blanda	= El dedo pulgar penetra en el suelo aproximadamente 25 mm.
Firme	= El dedo pulgar hace mella de 6 mm.
Dura	= El dedo pulgar no hace mella en el suelo; penetra rápidamente la humedad.
Muy dura	= La uña del pulgar no hace mella en el suelo.

**Figura 26.** Describir la consistencia de suelo en estudio.

**Fuente:** N.T.P. 339.150 Visualización y descripción.

**Tabla 10.** Descripción Visual de suelo en estudio.

Procedimiento Visual y Manual				
Muestra	Estratos	Información descriptiva para los suelos		
		Color	Condición de humedad	Consistencia
C-1	C-1 M-1	Marrón oscuro	Seca	Muy Dura
	C-1 M-2	Pardo	Seca	Muy Dura
	C-1 M-3	Marrón	Humedad	Firme
	C-1 M-4	Pardo oscuro	Humedad	Muy Blanda
C-2	C-2 M-1	Marrón oscuro	Seca	Firme
	C-2 M-2	Marrón	Humedad	Blanda
	C-2 M-3	Marrón	Humedad	Firme
C-3	C-3 M-1	Marrón	Humedad	Dura
	C-3 M-2	Marrón	Humedad	Firme
	C-3 M-3	Pardo oscuro	Humedad	Blanda
C-4	C-4 M-1	Marrón oscuro	Seca	Muy Dura
	C-4 M-2	Pardo	Seca	Muy Dura
	C-4 M-3	Pardo oscuro	Humedad	Blanda
	C-4 M-4	Pardo oscuro	Humedad	Muy Blanda
C-5	C-5 M-1	Marrón oscuro	Seca	Firme
	C-5 M-2	Pardo	Seca	Muy Dura
	C-5 M-3	Pardo oscuro	Humedad	Blanda
C-6	C-6 M-1	Marrón	Humedad	Dura
	C-6 M-2	Marrón	Humedad	Blanda
	C-6 M-3	Pardo oscuro	Humedad	Blanda
C-7	C-7 M-1	Marrón oscuro	Seca	Muy Dura
	C-7 M-2	Marrón	Humedad	Blanda
	C-7 M-3	Pardo oscuro	Humedad	Muy Blanda
C-8	C-8 M-1	Marrón oscuro	Humedad	Muy Dura
	C-8 M-2	Pardo oscuro	Humedad	Blanda
	C-8 M-3	Pardo oscuro	Humedad	Muy Blanda
C-9	C-9 M-1	Marrón oscuro	Humedad	Firme
	C-9 M-2	Marrón	Humedad	Firme
	C-9 M-3	Pardo oscuro	Humedad	Blanda

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### *C Conservación y Transporte de muestras de suelo*

Se conservó el suelo después de la extracción en la zona estudiada, como también para su transporte.

#### *C.1 Equipos y materiales*

Se utilizó Cinta a prueba de agua, empacadores, bolsas plásticas, identificadores de muestra.

## *C.2 Procedimiento*

La muestra de suelo se colocó en bolsas de plásticos impermeable y con un marcador se colocó la descripción correspondiente de la zona de estudio como la fecha de muestreo, así también su profundidad. Luego se colocó en una caja de plástico debidamente protegido.

## *D Obtención en laboratorio de muestras representativas*

### *D.1 Cuarteo*

Se colocó el material sobre una superficie horizontal mezclándola, se extendió y plano para dividirlo el material de suelo en cuatro partes iguales la cual se separó los diagonales opuestos y lo sobrantes se repitió el procedimiento hasta obtener la cantidad necesaria para los ensayos que se realizaron.

### **Obtención de la muestra representativa por la técnica del cuarteo**



**Figura 27.** Cuarteo para obtención de muestras a ensayar.

**Fuente:** Elaborado por Tesista

## *E Determinación de las propiedades físicas*

### *E.1 Contenido de humedad*

#### *E.1.1 Aparatos*

Se utilizó un Estufa, balanza de 0.01 g de aproximación, recipientes, guantes para manipular recipientes calientes, Utensilios como espátulas y cucharas.

### E.1.2 Procedimiento

Se pesaron el recipiente y el espécimen. Con la protección adecuada se colocó el espécimen en la estufa a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , por unas 12 horas, al pasar el tiempo requerido en el horno, sacar e enfriar el recipiente y el material seco, registrando correspondientemente.



### F Granulometría por tamizado en suelos finos

Esto consistió en la distribución cuantitativa de las partículas de suelos.

#### F.1 Equipos y materiales

- Balanza: precisión de 0.01g.
- Tamices: Juego de tamices con diferentes diámetros de maya cuadrada.
- Recipientes: Para el material retenidos en cada tamiz.
- Cepillo: para evitar pérdida en los tamices.
- Cuchara: Para vaciar el material por el interior del juego de tamices.

### *G Granulometría para suelo que pasan la N°200*

Método de lavado de suelo, para este caso será porciones de muestra que pasan la N° 200, se extrajo aproximadamente entre 300 a 400g de suelo, Luego se pesó las taras en la que irán la muestra de suelo, colocando la muestra en las taras, pesar y anotando la cantidad, se saturó las muestras con agua, aproximadamente 1 o 2 horas para ablandar la muestra de suelo para que estos se ablanden, posteriormente la muestra se lavó en el tamiz N°200 hasta que el agua se cristalice, al momento se colocó en el horno la muestra de suelo retenida por lo menos 12 horas. Pesar la muestra seca.

#### **Proceso para determinar el porcentaje de finos con la técnica del lavado por la N°200**



**Figura 29.** Granulometría por lavado del material en estudio.

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### *H Granulometría para suelo retenidos en N°200*

Para este caso será para las partículas retenidas en el tamiz N° 200 la cual se pasaron por los tamices la muestra seca que fue retenida anteriormente, pesando y anotando los pesos retenidos en cada maya, el resultado obtenido se anotó en los formatos ya previstos.

## Proceso para la granulometría por tamizado



**Figura 30.** Granulometría del material retenido después del lavado

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### *I Limite Liquido utilizando el equipo Casagrande*

Se puso el suelo preparada en la copa de limite líquido, luego se utilizó el divisor para separar muestra de suelo, con la finalidad de elevar y dejar caer la copa giratoria, hasta que los dos taludes de suelos estén en contacto, una vez que la muestra hagan contacto por lo menos de 13mm se registra la cantidad de golpes. Se extraer y poner en un recipiente y pesar posteriormente, realizar nuevamente el ensayo agregándole agua en diferentes porciones. Se halló la cantidad de agua de cada muestra, y trazar una recta por los 3 puntos obtenidos, al intersectar la línea por la abscisa de los 25 golpes, siendo así igual al límite líquido.

#### *1.1 Equipo y Materiales*

- Equipo: Copa y cuchara Casagrande.
- Balanza: con 0.01g de aproximación.
- Espátula: Dimensiones apropiadas de ancho de 10 cm.
- Tamiz: N° 40 según a los requerimientos de la norma.
- Recipientes: para mantener las muestras.

### Proceso para el ensayo del límite líquido en laboratorio



**Figura 31.** Límite líquido del material en estudio.

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### J Límite Plástico

Se Tomó una porción de 10.00 g enrollando con las palmas de las manos y el vidrio con la presión necesaria, haciendo hilos hasta que el diámetro sea de hasta 3.20 mm en aproximadamente 2 min, romper en pedazos, y en una sola porción, remodelar nuevamente hasta que se agrieto a los 3.20mm, colocarlas en recipiente de peso reconocido, determinar la cantidad de agua siendo igual al LP.

### Proceso de ensayo del LP en laboratorio



**Figura 32.** Límite plástico del material en estudio.

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### *J.1 Equipos y materiales*

- Plancha de vidrio pulido.
- Balanza: con 0.01g de aproximación.
- Espátula: De ancho de 10 cm.
- Tamiz: N° 40 conforme a la norma.
- Balanza: precisión de 0.01 g para muestras de suelo fino.
- Recipientes

### *K Límite de contracción*

Se preparó la muestra de suelos con agua destilada, para practicar el ensayo de LL previamente al ensayo correspondiente, se puso una pequeña muestra en el centro del plato de contracción y se golpeará suavemente sobre una superficie firme, para compactar y expulsar el aire dentro de la muestra, se nivela y se pesa inmediatamente, se apunta el peso del plato de contracción y de la muestra húmeda. Posteriormente, se seca en el horno a temperatura de  $110 \pm 5$  °C. La pastilla de suelo seca se bañará con parafina y se obtiene el peso de estas, el volumen de agua destilada retenido en este, con la probeta graduada, se descontará el peso de la parafina, Esto se les realizará a todas las muestras en estudio.

#### **Proceso - de L.C. con el método de la parafina**



**Figura 33.** Colocación de la muestra de suelo en el plato de contracción

**Fuente:** Elaborado por Tesista

*K.1 Equipos, materiales e insumos*

Se utilizó capsula de evaporación, espátula, recipiente para contracción, regla metálica, recipiente de vidrio, plancha de vidrio, probeta de 25 ml, balanza, agua destilada y estufa.

**Equipos para el límite de contracción**



*Figura 34. Equipos para límite de contracción*  
*Fuente:* Elaborado por Tesista

**Pastilla de suelo cubierta con parafina, para determinar el volumen**



*Figura 35. Pastilla de suelo con parafina para determinar el volumen final*  
*Fuente:* Elaborado por Tesista

### *L Granulometría por sedimentación*

El análisis hidrométrico radica en la repartición cuantitativa de las fracciones de suelos. Para este caso se trabajará 50 gramos que pasan por el tamiz N° 10, luego se preparó el defloculante que costa de mezclar 1 litro de agua destilada con cuarenta gramos de hexametáfosfato de sodio, dejando reposar mínimo 16 horas con 125 ml de esta solución. Posteriormente, se licua en el mezclador de dispersor de suelo por 1 min, luego se lleva a la jarra y se completará con agua destilada hasta 1000 ml, se agitará la jarra con el contenido aproximadamente 1 min, y se tomará las lecturas con el hidrómetro y la temperatura, los datos serán del inmediato, 2,5,15,30,60,250 y 1440 min establecido por la normativa, Así de realizar cada uno de las muestras en estudio.

#### **Lecturas en el ensayo de granulometría por sedimentación a diferentes tiempos**



**Figura 36.** Toma de lecturas de 2,5,15,30,60,1440 min receptivamente

**Fuente:** Elaborado por Tesista

#### *L.1 Equipos, Materiales e insumos*

Se utilizó una balanza, agua destilada, el hidrómetro, hexametáfosfato de sodio, mezclador de dispersor de suelo, termómetro, jarra de capacidad de 1000ml, recipientes, cronometro.

**Hexametafosfato de sodio brindado por la universidad señor de sipán**



*Figura 37. Hexametadosfato de Sodio para preparación del defloculante.*

**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Mezclador de dispersor de suelo de la universidad señor de sipán**



*Figura 38. Equipo de Mezclador de dispersor de suelos*

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### *M Peso específico relativo de los solidos*

Se calibro la fiola previamente desairando con la bomba de vacíos y tomándole el peso y la temperatura respectivamente, se tomó 50 gramos de muestra que pasa la N°10, la cual se dejará saturar dentro de la fiola el material a ensayar, después de 12 horas se llenará hasta la línea indicada, tomándole la temperatura y el peso, luego se le hará el cálculo respectivamente ya indicado.

#### **Proceso de calibración de la fiola para el ensayo del Gs**



*Figura 39. Eliminación del aire y calibración de la fiola*

*Fuente:* Elaborado por Tesista

#### **Proceso del ensayo para el Gs**



*Figura 40. Eliminación del aire con la muestra y peso total del ensayo*

*Fuente:* Elaborado por Tesista

### *2.5.2.2 Evaluar la Actividad coloidal del suelo en estudio*

La actividad coloidal se calculó con la relación entre el I.P. obtenido del ensayo de Atterberg, y el porcentaje que pasa los dos micrómetros. La cual nos indica Skempton que: Al estar por debajo de 0.75 para arcillas inactivas, al estar entre un rango de 0.75 y 1.25 unas arcillas normales, superior a 1.25 serán arcillas activas.

### *2.5.2.3 Determinación la correlación entre el Limite de Contracción y la Actividad Coloidal del suelo en estudio.*

Al concluir los ensayos de límite de contracción (Variable 1) y la actividad coloidal (variable 2), se realizó una gráfica, en donde se colocó en el eje abscisas el límite de contracción (%), y en el eje de las ordenadas la actividad coloidal del suelo en estudio.

Al realizar el grafico en un plano cartesiano de dispersión con los puntos ya mencionados, obteniendo una línea de tendencia polinómica de tercer grado.

## **2.6 Criterios éticos**

### **2.6.1 Recolección de datos**

La recolección de información está constituida de importantes fuentes, que permitirá el avance de las investigaciones para así obtener resultados buenos con información actualizada, ya que para otras investigaciones podría ser de gran utilidad como guía, aportando alternativas de solución para la problemática de los suelos arcillosos.

### **2.6.2 De publicación**

El fin del informe de investigación es contribuir en el área de la geotecnia y su aplicación en Obras civiles, se tomó en cuenta la Norma Técnica Peruana y ASTM en el proceso de la investigación, como también la referencia correspondiente a los autores mediante citas acordes a la justicia y a la lucha con el plagio.

### **2.6.3 De aplicación**

Contribuye con las futuras investigaciones de la misma línea, creando beneficios afines de responsabilidad, lealtad y sobre todo la honestidad que es fundamental en la ética profesional.

## **2.7 Criterios de Rigor Científico**

Los estudios realizados en este proyecto están acordes con las normas vigentes, así como en los procedimientos, los instrumentos e equipo que se utilizaron, así también las formulas ya mencionadas en los documentos correspondientes para el cálculo respectivo. Los ensayos fueron realizados con la supervisión de los técnicos de laboratorio de la casa de estudio correspondiente.

### **2.7.1 Generalidades**

Mediante la evaluación de la calidad de suelos arcillosos se obtuvo la inquisición requerida, para cotejarla con fuentes teóricas, y tener la veracidad de los resultados obtenidos. La idea de la calidad de la investigación está asociada a la credibilidad del trabajo desarrollado.

### **2.7.2 Fiabilidad**

El proyecto realizado es fiable, ya que se elaboraron según las medidas propuestas por la normativa. Además, se contó con un óptimo laboratorio de mecánica de suelos para recolección de datos, esto asegura la naturalidad de los resultados.

### **2.7.3 Replicabilidad**

En la presente investigación, subsistirán constantes en el tiempo, siempre y cuando sean ejecutados en laboratorios implementados y bien acondicionados.

## **CAPÍTULO III RESULTADOS**

### 3.1 Resultados en Tablas y Figuras

**3.1.1 Conocer las propiedades físicas (Contenido de humedad, Granulometría por tamizado y sedimentación, límite de Atterberg (Líquido y Plástico), Límite de contracción, del suelo en estudio y realizar su Clasificación SUCS y AAHSTO.**

#### 3.1.1.1 Contenido de Humedad

Resultados del suelo en estudio:

**Tabla 11.** *Contenido de humedad*

<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>Contenido de humedad (%)</b>
C-1	C-1 M-1	8.23
	C-1 M-2	15.74
	C-1 M-3	17.33
	C-1 M-4	25.72
C-2	C-2 M-1	15.86
	C-2 M-2	19.98
	C-2 M-3	24.66
C-3	C-3 M-1	17.88
	C-3 M-2	21.65
	C-3 M-3	23.96
C-4	C-4 M-1	8.30
	C-4 M-2	15.34
	C-4 M-3	23.96
	C-4 M-4	25.85
C-5	C-5 M-1	15.64
	C-5 M-2	15.77
	C-5 M-3	24.03
C-6	C-6 M-1	18.19
	C-6 M-2	20.21
	C-6 M-3	23.28

	C-7 M-1	8.96
C-7	C-7 M-2	19.87
	C-7 M-3	25.66
	C-8 M-1	8.27
C-8	C-8 M-2	23.70
	C-8 M-3	25.41
	C-9 M-1	15.52
C-9	C-9 M-2	21.00
	C-9 M-3	23.06

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 3.1.1.2 Granulometría por Lavado

Para este ensayo se utilizó la técnica del lavado, la cual consiste en determinar el % de finos que pasa la N°200, la cual el material que se utilizó es entre 400 a 500 gramos de suelo seco al horno, el porcentaje que pasan la N° 200 se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 12.** % que pasa la N°200 por lavado

% Pasa que tamiz N°200		
Muestra	Estratos	% Pasa
	C-1 M-1	97.61
C-1	C-1 M-2	95.76
	C-1 M-3	94.96
	C-1 M-4	98.45
C-2	C-2 M-1	96.51
	C-2 M-2	90.84
	C-2 M-3	93.95
C-3	C-3 M-1	97.31
	C-3 M-2	94.73
	C-3 M-3	96.40
C-4	C-4 M-1	97.57

---

	C-4 M-2	97.02
	C-4 M-3	96.29
	C-4 M-4	98.00
	C-5 M-1	94.01
C-5	C-5 M-2	96.61
	C-5 M-3	95.37
	C-6 M-1	96.44
C-6	C-6 M-2	91.15
	C-6 M-3	96.87
	C-7 M-1	97.78
C-7	C-7 M-2	90.43
	C-7 M-3	98.29
	C-8 M-1	97.03
C-8	C-8 M-2	95.00
	C-8 M-3	98.14
	C-9 M-1	95.79
C-9	C-9 M-2	95.62
	C-9 M-3	96.52

---

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### *3.1.1.3 Granulometría por tamizado*

El ensayo consiste en pasar el material por una cadena de tamices (N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200), la masa seca al horno que quedo retenido por la N°200 del ensayo anterior, se pesa para posteriormente pasarlo por los tamices ya mencionados, se anotó lo retenido, los resultados se mostraran en los formatos del ensayo posteriormente.

#### 3.1.1.4 Limite Liquido, Plástico e índice de plasticidad

Al realizar estos ensayos, la porción se seca superficialmente, para luego pasarlos por el tamiz N° 40 obteniendo entre 100 a 120 gramos de material para ensayar, el material se le colocara agua destilada hasta que quede humedecido y dejar en una bolsa aproximadamente 12 horas para homogenizar el suelo.

##### A Limite Liquido

Del material que se preparó, se sacó una porción para ensayar el límite liquido en la Casagrande, cumpliendo debidamente con la normativa, se anotó los números de golpes y se sacó una pequeña muestra de aproximadamente 10 gramos para llevar al horno.

##### B Limite Plástico

La diferencia que quedo del ensayo anterior, se practicó el ensayo de límite de plasticidad, la cual consistió en realizar barritas de suelo enrollado con las manos, el LL será el % de agua de la barrita que se fisuran al tener un diámetro de 3.5mm.

##### C Resultados del Limite líquido, plástico e IP

Restando el LL y LP será el índice de plasticidad, la que mostrará continuación:

**Tabla 13. Límites de Atterberg**

<b>Resumen de Límites de Atterberg</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>Limite Liquido (%)</b>	<b>Limite Plástico (%)</b>	<b>Índice de Plasticidad (%)</b>
	C-1 M-1	67.00	19.00	48.00
C-1	C-1 M-2	39.00	13.00	26.00
	C-1 M-3	48.00	22.00	26.00
	C-1 M-4	35.00	22.00	13.00
C-2	C-2 M-1	57.00	16.00	41.00

---

	C-2 M-2	38.00	20.00	18.00
	C-2 M-3	49.00	21.00	28.00
	C-3 M-1	56.00	22.00	34.00
C-3	C-3 M-2	50.00	21.00	29.00
	C-3 M-3	49.00	22.00	27.00
	C-4 M-1	59.00	26.00	33.00
C-4	C-4 M-2	39.00	18.00	21.00
	C-4 M-3	42.00	20.00	22.00
	C-4 M-4	34.00	23.00	11.00
	C-5 M-1	52.00	16.00	36.00
C-5	C-5 M-2	43.00	21.00	22.00
	C-5 M-3	42.00	24.00	18.00
	C-6 M-1	50.00	19.00	31.00
C-6	C-6 M-2	46.00	25.00	21.00
	C-6 M-3	49.00	22.00	27.00
	C-7 M-1	57.00	25.00	32.00
C-7	C-7 M-2	39.00	18.00	21.00
	C-7 M-3	38.00	24.00	14.00
	C-8 M-1	63.00	22.00	41.00
C-8	C-8 M-2	49.00	21.00	28.00
	C-8 M-3	34.00	18.00	16.00
	C-9 M-1	50.00	17.00	33.00
C-9	C-9 M-2	52.00	21.00	31.00
	C-9 M-3	46.00	22.00	24.00

---

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 3.1.1.5 Clasificación de suelo SUCS y AASHTO

Al tener los resultados anteriores como el límite líquido y granulometría, se procederá a realizar la clasificación correspondiente por cada estrato de las 9 calicatas en estudio, el cuadro de resumen se muestra a continuación:

**Tabla 14.** Clasificación del suelo según SUCS y AASHTO

<b>Resumen de clasificación de suelos</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>
C-1	C-1 M-1	CH	A-7-6 (16)
	C-1 M-2	CL	A-6 (13)
	C-1 M-3	CL	A-7-6 (16)
	C-1 M-4	CL	A-6 (9)
C-2	C-2 M-1	CH	A-7-6 (15)
	C-2 M-2	CL	A-6 (11)
	C-2 M-3	CL	A-7-6 (17)
C-3	C-3 M-1	CH	A-7-6 (15)
	C-3 M-2	CH	A-7-6 (17)
	C-3 M-3	CL	A-7-6 (17)
C-4	C-4 M-1	CH	A-7-6 (16)
	C-4 M-2	CL	A-6 (13)
	C-4 M-3	CL	A-7-6 (13)
	C-4 M-4	CL	A-6 (9)
C-5	C-5 M-1	CH	A-7-6 (14)
	C-5 M-2	CL	A-7-6 (13)
	C-5 M-3	CL	A-7-6 (11)
C-6	C-6 M-1	CH	A-7-6 (14)
	C-6 M-2	CL	A-7-6 (14)
	C-6 M-3	CL	A-7-6 (17)
C-7	C-7 M-1	CH	A-7-6 (15)

	C-7 M-2	CL	A-6 (13)
	C-7 M-3	CL	A-6 (10)
	C-8 M-1	CH	A-7-6 (16)
C-8	C-8 M-2	CL	A-7-6 (17)
	C-8 M-3	CL	A-6 (11)
	C-9 M-1	CL	A-7-6 (14)
C-9	C-9 M-2	CH	A-7-6 (14)
	C-9 M-3	CL	A-7-6 (15)

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 3.1.1.6 Granulometría por sedimentación

El ensayo se realizó con 50 gramos de suelo superficialmente seco que pase por la N°10, la fue saturado con la solución de 40gramos de hexametafosfato de sodio por 1 litro de agua destilada, la cual con 125 ml se dejó saturar el suelo por lo menos 16 horas, ya saturado se llevara a la mezcladora de dispersión por 1 min, y se pondrá en la jarra la cual se llenara hasta el tope de 1000 ml, se agitara por 1 min y se tomara lecturas en los tiempos ya mencionados anteriormente, para completar el ensayo se realizara la humedad higroscópica y Gs.

#### A Humedad higroscópica y peso seco de la muestra a ensayar

Sirve para determinar el peso real, la cual es de gran ayuda ya que al estar realizando las lecturas con el hidrómetro las partículas de suelo son extraídas:

**Tabla 15.** Humedad higroscópica y peso seco

Muestra	Estratos	Humedad higroscópica(%)	Peso Seco del ensayo (gr)
	C-1 M-1	8.06	46.27
C-1	C-1 M-2	5.20	47.12
	C-1 M-3	7.43	46.54
	C-1 M-4	6.12	47.12
	C-2 M-1	8.04	46.28
C-2	C-2 M-2	6.11	47.12
	C-2 M-3	6.05	46.48

	C-3 M-1	7.27	46.61
C-3	C-3 M-2	7.24	46.63
	C-3 M-3	7.58	46.48
	C-4 M-1	8.27	46.18
C-4	C-4 M-2	5.04	47.60
	C-4 M-3	7.61	46.46
	C-4 M-4	5.95	47.19
	C-5 M-1	8.08	46.26
C-5	C-5 M-2	5.17	47.54
	C-5 M-3	7.70	46.42
	C-6 M-1	7.25	46.62
C-6	C-6 M-2	6.14	47.11
	C-6 M-3	7.61	46.46
	C-7 M-1	8.11	46.25
C-7	C-7 M-2	6.11	47.12
	C-7 M-3	6.08	47.13
	C-8 M-1	6.02	47.16
C-8	C-8 M-2	7.62	46.46
	C-8 M-3	6.08	47.14
	C-9 M-1	7.00	46.73
C-9	C-9 M-2	7.27	46.61
	C-9 M-3	7.18	46.65

---

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### *B Peso específico relativo de los solidos*

Este ensayo nos sirve para complementar en el ensayo de sedimentación, la cual se determinó el Gs a una temperatura de 20 °C, se procedió a calibrar la fiola con el agua destilada, sacándole el aire previamente, se realizó el mismo procedimiento con el material, los resultados a continuación.

**Tabla 16. Peso específico relativo de los solidos**

---

<b>Resumen Peso Específico relativo de los solidos</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>Gs</b>
C-1	C-1 M-1	2.678
	C-1 M-2	2.652
	C-1 M-3	2.679
	C-1 M-4	2.451
C-2	C-2 M-1	2.658
	C-2 M-2	2.703
	C-2 M-3	2.814
C-3	C-3 M-1	2.627
	C-3 M-2	2.753
	C-3 M-3	2.814
C-4	C-4 M-1	2.687
	C-4 M-2	2.612
	C-4 M-3	2.816
	C-4 M-4	2.472
C-5	C-5 M-1	2.662
	C-5 M-2	2.616
	C-5 M-3	2.823
C-6	C-6 M-1	2.784
	C-6 M-2	2.705
	C-6 M-3	2.689
C-7	C-7 M-1	2.847
	C-7 M-2	2.688
	C-7 M-3	2.498
C-8	C-8 M-1	2.695
	C-8 M-2	2.815

---

	C-8 M-3	2.497
	C-9 M-1	2.683
C-9	C-9 M-2	2.762
	C-9 M-3	2.832

**Fuente:** Elaborado por Tesista

*C Porcentaje que pasa los 2 micrómetros*

Al realizar los ensayos mencionados anteriormente, se interpolará los diámetros con los porcentajes que pasan, para así obtener el porcentaje que pasan por un diámetro de 2 micrómetros, la tabla de resumen se muestra a continuación:

**Tabla 17.** *Porcentajes que pasan los 2 micrómetros*

<b>Resumen % pasa &gt;0.002mm</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>%&gt;0.002mm (%)</b>
C-1	C-1 M-1	50.59
	C-1 M-2	30.52
	C-1 M-3	28.14
	C-1 M-4	41.25
C-2	C-2 M-1	50.63
	C-2 M-2	22.47
	C-2 M-3	26.33
C-3	C-3 M-1	40.04
	C-3 M-2	31.10
	C-3 M-3	21.47
C-4	C-4 M-1	38.72
	C-4 M-2	24.33
	C-4 M-3	22.59
	C-4 M-4	32.86
C-5	C-5 M-1	38.44

	C-5 M-2	26.08
	C-5 M-3	20.72
	C-6 M-1	36.71
C-6	C-6 M-2	22.19
	C-6 M-3	31.73
	C-7 M-1	37.80
C-7	C-7 M-2	21.76
	C-7 M-3	34.03
	C-8 M-1	47.20
C-8	C-8 M-2	22.85
	C-8 M-3	33.10
	C-9 M-1	39.93
C-9	C-9 M-2	31.73
	C-9 M-3	18.54

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 3.1.1.7 Límite de contracción

Finalmente, se determinará el LC de cada estrado, la cual nos servirá para correlacionar con la actividad coloidal del suelo, se realizó por el método de la parafina, por medidas de seguridad no se puede utilizar el mercurio, para este método se tomó aproximadamente 40 gramos que pasa por la N°40, previamente se colocó agua destilada y se ensayó en la Casagrande, la cual la norma nos indica que deberá estar cerca al límite líquido, luego se coloca en la capsula de contracción y se deja reposar unas horas hasta homogenizar la pasta de suelo, luego, se llevara al horno unas 12 horas la cual se pesara y se cubrirá con parafina, se calculara el volumen inicial y volumen final en el depósito de vidrio según la teoría de Arquímedes, los resultados obtenidos se mostraran a continuación:

**Tabla 18.** Límites de Contracción de los estratos en estudio

<b>Resumen Limite de Contracción</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>L.C (%)</b>
C-1	C-1 M-1	12.63

---

	C-1 M-2	12.68
	C-1 M-3	11.53
	C-1 M-4	8.25
	C-2 M-1	14.16
C-2	C-2 M-2	19.10
	C-2 M-3	20.52
	C-3 M-1	11.33
C-3	C-3 M-2	12.15
	C-3 M-3	21.17
	C-4 M-1	11.16
C-4	C-4 M-2	14.68
	C-4 M-3	14.01
	C-4 M-4	8.41
	C-5 M-1	15.20
C-5	C-5 M-2	13.93
	C-5 M-3	18.26
	C-6 M-1	10.56
C-6	C-6 M-2	18.13
	C-6 M-3	11.56
	C-7 M-1	11.26
C-7	C-7 M-2	17.43
	C-7 M-3	8.95
	C-8 M-1	13.48
C-8	C-8 M-2	20.60
	C-8 M-3	8.06
	C-9 M-1	16.30
C-9	C-9 M-2	11.28
	C-9 M-3	21.04

---

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 3.1.2 Evaluar la Actividad Coloidal del suelo en estudio.

#### 3.1.2.1 Índice de Plasticidad y porcentaje que pasan los 2 micrómetros.

Una vez realizados los ensayos correspondientes, se mostrarán una tabla de resumen del índice de plasticidad y el porcentaje que pasa los 2 micrómetros, sabiendo por las ecuaciones ya mencionadas que la actividad será la relación entre ambos.

**Tabla 19.** Actividad coloidal del suelo arcilloso en estudio

<b>Resumen de Actividad Coloidal</b>				
<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>Índice de Plasticidad (%)</b>	<b>%Pasa 2<math>\mu</math>m</b>	<b>Actividad Coloidal</b>
C-1	C-1 M-1	48.00	50.59	0.95
	C-1 M-2	26.00	30.52	0.85
	C-1 M-3	26.00	28.14	0.92
	C-1 M-4	13.00	41.25	0.32
C-2	C-2 M-1	41.00	50.63	0.81
	C-2 M-2	18.00	22.47	0.80
	C-2 M-3	28.00	26.33	1.06
C-3	C-3 M-1	34.00	40.04	0.85
	C-3 M-2	29.00	31.10	0.93
	C-3 M-3	27.00	21.47	1.26
C-4	C-4 M-1	33.00	38.72	0.85
	C-4 M-2	21.00	24.33	0.86
	C-4 M-3	22.00	22.59	0.97
	C-4 M-4	11.00	32.86	0.33
C-5	C-5 M-1	36.00	38.44	0.94
	C-5 M-2	22.00	26.08	0.84
	C-5 M-3	18.00	20.72	0.87
C-6	C-6 M-1	31.00	36.71	0.84
	C-6 M-2	21.00	22.19	0.95

	C-6 M-3	27.00	31.73	0.85
	C-7 M-1	32.00	37.80	0.85
C-7	C-7 M-2	21.00	21.76	0.97
	C-7 M-3	14.00	34.03	0.41
	C-8 M-1	41.00	47.20	0.87
C-8	C-8 M-2	28.00	22.85	1.23
	C-8 M-3	16.00	33.10	0.48
	C-9 M-1	33.00	39.93	0.83
C-9	C-9 M-2	31.00	31.73	0.98
	C-9 M-3	24.00	18.54	1.29

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 3.1.2.2 Categoría según su actividad coloidal

Se evaluará cada uno de las muestras según su actividad según Skempton, 1953, si la actividad es menor a 0.75 su categoría será Inactivo, entre 0.75 a 1.25 un suelo Normal, mayores a 1.25 serán suelo activo, a continuación, la tabla:

**Tabla 20.** Categoría del suelo arcilloso en estudio

Categoría del suelo arcilloso			
Muestra	Estratos	Actividad Coloidal	Categoría
	C-1 M-1	0.95	Normal
	C-1 M-2	0.85	Normal
C-1	C-1 M-3	0.92	Normal
	C-1 M-4	0.32	No Activo
	C-2 M-1	0.81	Normal
C-2	C-2 M-2	0.80	Normal
	C-2 M-3	1.06	Normal
	C-3 M-1	0.85	Normal
C-3	C-3 M-2	0.93	Normal

	C-3 M-3	1.26	Activo
	C-4 M-1	0.85	Normal
C-4	C-4 M-2	0.86	Normal
	C-4 M-3	0.97	Normal
	C-4 M-4	0.33	No Activo
	C-5 M-1	0.94	Normal
C-5	C-5 M-2	0.84	Normal
	C-5 M-3	0.87	Normal
	C-6 M-1	0.84	Normal
C-6	C-6 M-2	0.95	Normal
	C-6 M-3	0.85	Normal
	C-7 M-1	0.85	Normal
C-7	C-7 M-2	0.97	Normal
	C-7 M-3	0.41	No Activo
	C-8 M-1	0.87	Normal
C-8	C-8 M-2	1.23	Normal
	C-8 M-3	0.48	No Activo
	C-9 M-1	0.83	Normal
C-9	C-9 M-2	0.98	Normal
	C-9 M-3	1.29	Activo

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### **3.1.3 Analizar la correlación entre el Limite de Contracción y la Actividad coloidal del suelo en estudio.**

#### *3.1.3.1 Límite de contracción y actividad Coloidal*

Una vez completados el ensayo de límite de contracción y calculado la actividad coloidal del suelo en estudio, se mostrará el resumen de ambas variables con el fin de realizar la correlación correspondiente de esta investigación:

**Tabla 21.** *Límite de contracción y Actividad coloidal*

---

<b>Resumen Limite de Contracción y Actividad Coloidal</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Estratos</b>	<b>Límite de Contracción (%)</b>	<b>Actividad Coloidal</b>
C-1	C-1 M-1	12.63	0.95
	C-1 M-2	12.68	0.85
	C-1 M-3	11.53	0.92
	C-1 M-4	8.25	0.32
C-2	C-2 M-1	14.16	0.81
	C-2 M-2	19.10	0.80
	C-2 M-3	20.52	1.06
C-3	C-3 M-1	11.33	0.85
	C-3 M-2	12.15	0.93
	C-3 M-3	21.17	1.26
C-4	C-4 M-1	11.16	0.85
	C-4 M-2	14.68	0.86
	C-4 M-3	14.01	0.97
	C-4 M-4	8.41	0.33
C-5	C-5 M-1	15.20	0.94
	C-5 M-2	13.93	0.84
	C-5 M-3	18.26	0.87
C-6	C-6 M-1	10.56	0.84
	C-6 M-2	18.13	0.95
	C-6 M-3	11.56	0.85
C-7	C-7 M-1	11.26	0.85
	C-7 M-2	17.43	0.97
	C-7 M-3	8.95	0.41
C-8	C-8 M-1	13.48	0.87

---

	C-8 M-2	20.60	1.23
	C-8 M-3	8.06	0.48
	C-9 M-1	16.30	0.83
C-9	C-9 M-2	11.28	0.98
	C-9 M-3	21.04	1.29

**Fuente:** Elaborado por Tesista

### 3.1.3.2 Correlación entre el Limite de contracción y actividad coloidal

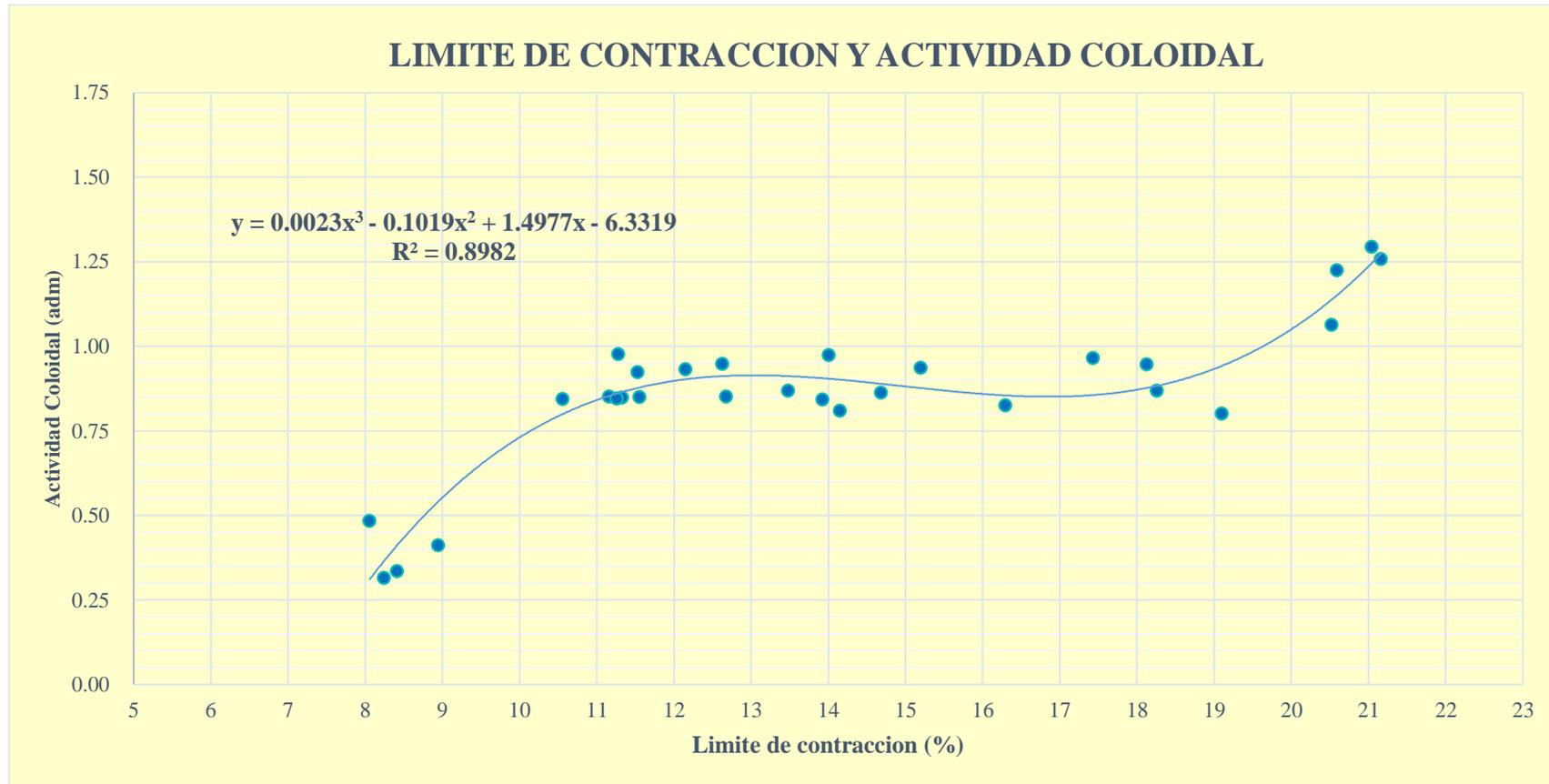
De los ensayos realizados anteriormente, las cuales se adjuntaron para realizar la correlación entre el límite de contracción y la actividad coloidal para suelos arcillosos.

En un plano cartesiano se colocaron los puntos la cual formaron un grafica de dispersión en la se intersectaron el límite de contracción (%) y actividad coloidal (adm), creando así una línea de tendencia polinómica de tercer grado, como resultado de la correlación se obtuvo la siguiente ecuación y figura:

$$y = 0.0023x^3 - 0.1019x^2 + 1.4977x - 6.3319$$

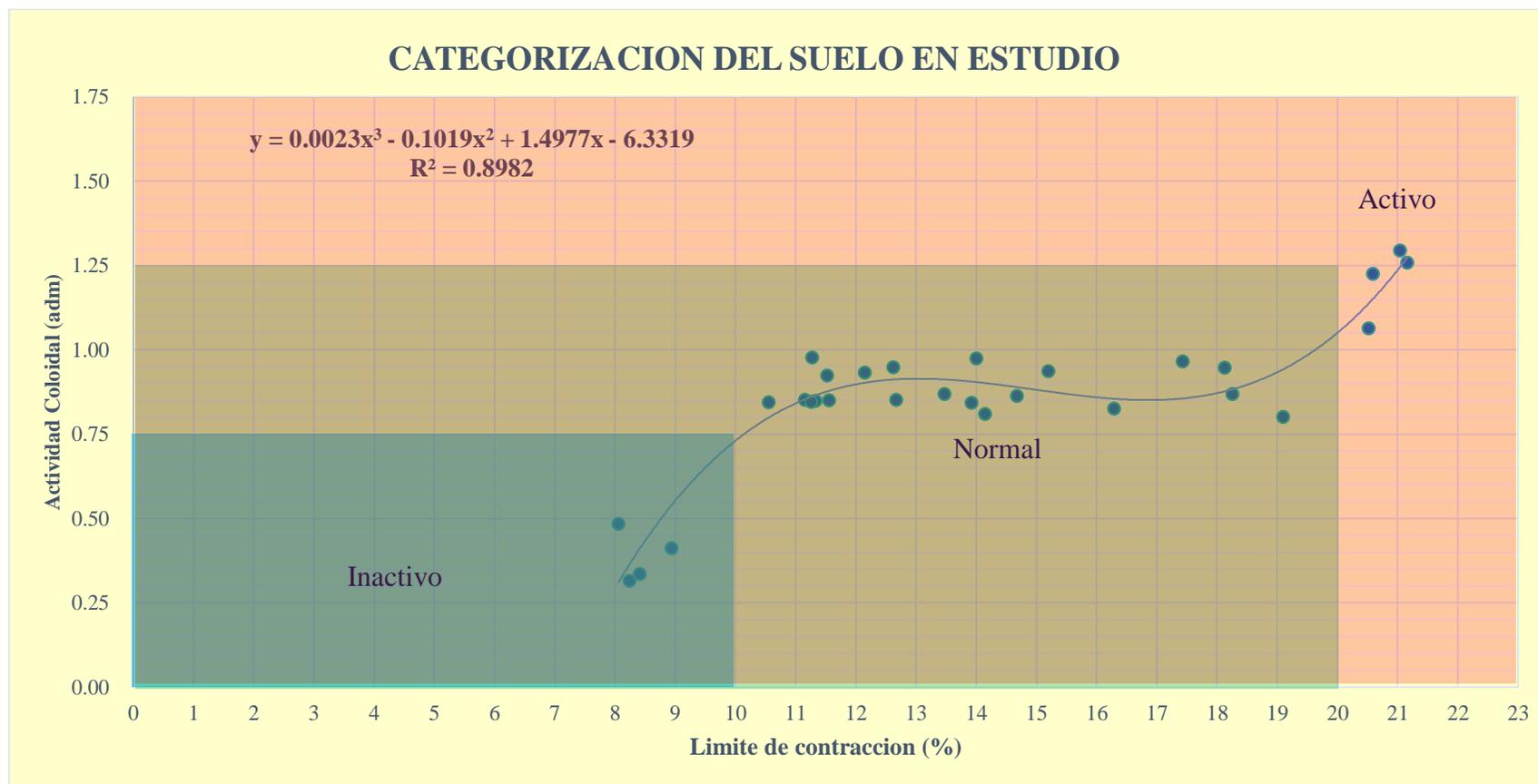
**Ecuación 18.** Línea de tendencia del limite de contraccion y actividad coloidal

**Figura 41.** Correlación del límite de contracción y la Actividad coloidal del suelo en estudio



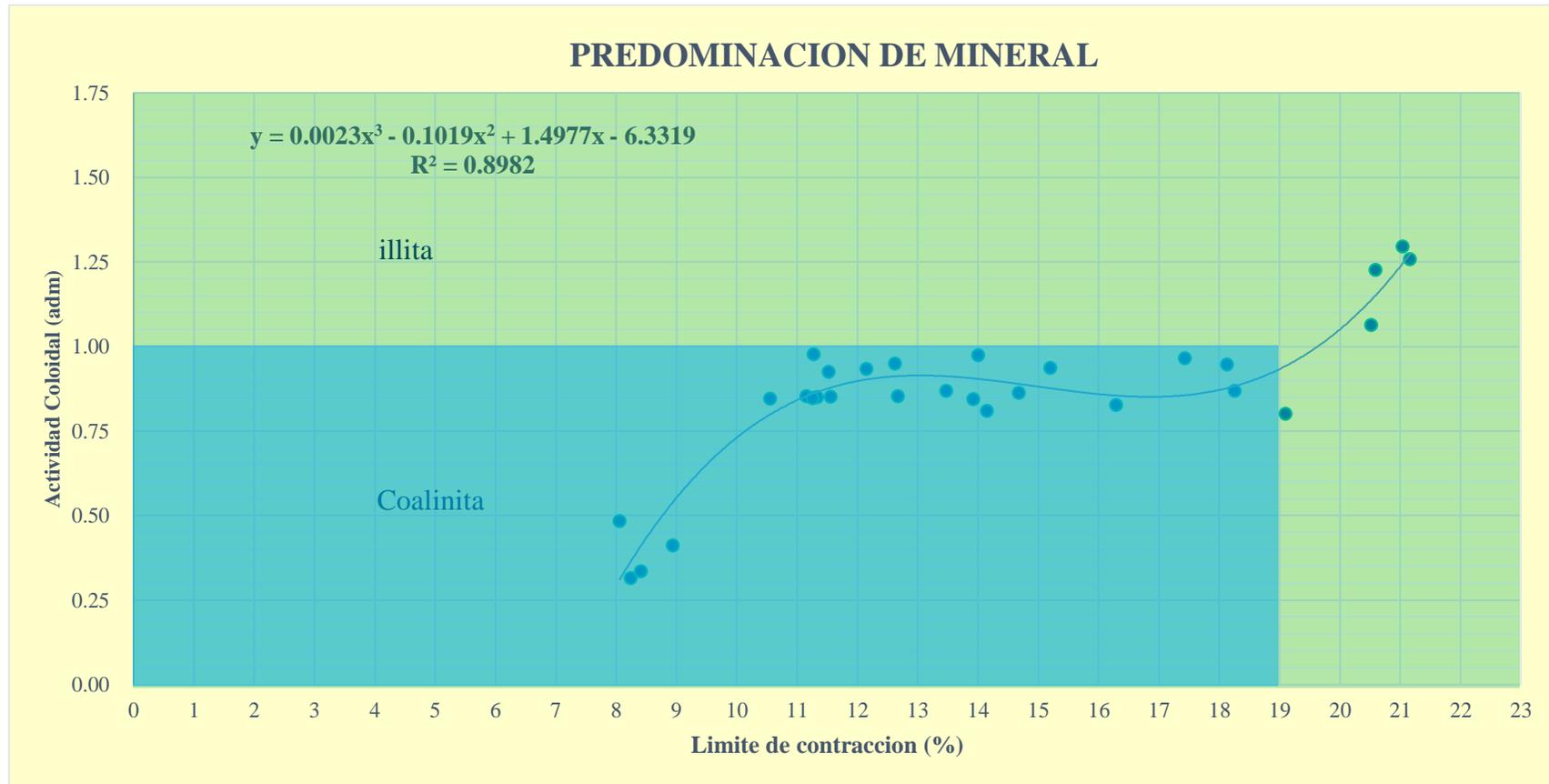
**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Figura 42.** Categorización del suelo en estudio



**Fuente:** Elaborado por Tesista

Figura 43. Predominación de mineral



Fuente: Elaborado por Tesista

### 3.2 Discusión de resultados

Las muestras en estudio fueron extraídas en el distrito de La Victoria, en un área de 3 hectáreas la cual se hicieron 9 calicatas teniendo la cantidad de 29 estratos.

Previamente se realizó la clasificación de suelos de cada uno de los estratos en estudio, como el %W, LL y LP, granulometría por lavado y tamizado. En lo que respecta a la granulometría por lavado, se observó que en la totalidad de las muestras el 90% de material pasa la N°200. Teniendo claro que los suelos que se estudiados son arcillosos de baja, media y alta plasticidad.

Se realizó los ensayos de LC en porcentaje, con el método de la parafina, ya que el mercurio era una sustancia peligrosa. Así también se determinó la actividad coloidal con los ensayos de hidrometría, para obtener los porcentajes menores 2 micrómetro de cada muestra, y el IP que es la diferencia entre el LL y el LP. Obteniendo estos dos resultados, calculamos la actividad coloidal que es la relación entre IP y el porcentaje pasante los 2 micrómetros.

Al determinar estos dos valores que se han obtenido mediante ensayos de laboratorio, se correlaciono el límite de contracción y la actividad coloidal la cual se obtuvo una línea de tendencia polinómica de tercer grado.

**CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

#### 4.1 Conclusiones

De acuerdo a la clasificación de suelos tenemos tipo CL y CH, con respecto a la granulometría por sedimentación con el hidrómetro, en el cálculo de los diámetros que pasan los 2 micrómetros se obtuvieron porcentajes desde los 19% hasta los 51%. Para el Límite de contracción no se utilizó el mercurio por ser una sustancia peligrosa, sino otra alternativa que es un procedimiento aceptable como el método de prueba con la parafina, los resultados obtenidos del límite de contracción fueron desde el 8% hasta el 21%.

Con respecto a la actividad coloidal, se calculó con la relación del IP y el porcentaje inferiores que 2 micrómetros del ensayo de sedimentación, en las que obtiene actividades desde inactivas desde 0.39, normales de 0.75 a 1.25 y arcillas activas hasta 1.29.

Se estaría confirmando la hipótesis de la investigación al realizar una correlación matemática. Demostrando que, existe una correlación entre el límite de contracción y la actividad coloidal en la zona de estudio, la cual es aplicable para el distrito de La Victoria, de acuerdo a la ecuación 18:  $y=0.0023x^3-0.1019x^2+1.4977x-6.3319$ , y se puede emplear para evaluar el suelo arcilloso ya sea para la construcción de edificación, como también en obras viales.

## 4.2 Recomendaciones

Verificar la calibración y el buen funcionamiento de la Copa Casagrande, y el tamiz N°200, que al no cumplir los requisitos podría cambiar significativa mente los resultados. En la hidrometría se deberá tener en cuenta la dosificación de la solución ya que podría afectar significativamente las lecturas del ensayo. En el ensayo de límite de contracción, tener en cuenta que la consistencia del suelo debe estar lo más próxima al límite líquido según normado. Y dejándolo unas horas en temperatura ambiente para homogenizar y evitar el agrietamiento.

Se pueden realizar nuevas investigaciones determinando el LL y LP con el ensayo del penetrómetro, para así determinar el IP que involucraría de forma directa en la actividad coloidal del suelo. Al obtener un suelo arcilloso activo ya sea para fines de cimentación o pavimentación, se deberá cambiar en su totalidad por un material optimo o tener las precauciones del caso para que cumpla con los requerimientos correspondiente de la normativa.

Se propone realizar nuevas investigaciones de diferentes suelos arcillosos del distrito de Lambayeque, con el fin de determinar las correlaciones correspondientes, ya que los suelos arcillosos están compuestos por diferentes estructuras. Se podría realizar investigaciones entre la correlación de la contracción lineal y la actividad coloidal del suelo arcilloso en diferentes distritos de la región de Lambayeque. Verificar cual sería la mejor línea de tendencia que más se ajunta a los diferentes valores de la correlación, para futuras investigaciones con relación a los temas mencionados.

## **REFERENCIAS**

- Peruana, N. T. (1999). 339.13. *Descripcion e identificacion de suelos. Procedimiento Visual*.
- Alejandro, C. C. (2016). *Analisis Geotecnico y Propuesta de Cimentaciones Sobre Rellenos en la Zona Nor-Oeste de la Ciudad de Juliaca*. Juliaca.
- Ambiente, M. d. (2018). *Objetivos. Mision y vision*, <http://www.minam.gob.pe/?el-ministerio=mision-y-vision>. Lima, Peru.
- anyaypoma, R. J. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca.
- Arnaldo, C. G. (junio de 1989). *Los suelos de Lima y la cimentacion de viviendas*.
- arquinetpolis. (2018). *tipos de suelo para la construccion*. Peru.
- Balet, R. (2018). *Caracteristicas del Metodo Cuantitativo*. sinnaps, <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodo-cuantitativo>.
- Ballena, C. (2016). *Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en río*. Pimentel, Perú: UNiversidad Señor de Sipán. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/uss/2256/1/TESIS%20-%20DISE%20C3%91O%20DE%20UNA%20MEZCLA%20ASF%20C3%81LTICA%20EN%20FRIO%20CON%20POLIETILENO.pdf>
- Civil, I. N. (2003). *Mapa de Peligros de Chiclayo*. Chiclayo, Santa Rosa, Lambayeque.
- Cortés, C. (2004). *Generalidades sobre metodología de la investigación*.
- David, G. F. (2012). *Análisis y Clasificación Geotécnico de la formación Guevara*. 43.
- Elizabeth, C. H. (2006). *RELACION DEL CAMBIO VOLUMETRICO DE ARCILLAS EXPANSIVAS*. Santa Clara.
- explorable. (febrero de 2008). *Diseño Cuasi Experimental*. *explorable*, <https://explorable.com/es/disenio-cuasi-experimental>.
- Finanzas, M. d. (2018). *Ejecucion de Proyectos de Inversion*. Lima, Peru. Obtenido de <https://www.mef.gob.pe/es/ejecucion-de-proyectos-de-inversion>
- Geoctenia242. (2017). *Retos Geotecnicos en las Arcillas del valle de Mexico*. (19).

- INDECI. (2003). *Mapa de Peligros de Chiclayo*. Chiclayo.
- INDECI. (2003). *Mapa de Peligros de la Ciudad de Lambayeque*. Lambayeque.
- INDECI. (2003). *Mitigación en Chiclayo y el uso del suelo*. Chiclayo.
- INDECI. (2004). *Técnica de uso del Suelo y Propuesta para evitar desastres en la Ciudad de Ferreñafe*. Ferreñafe.
- Juan, R. F. (2015). *Arcillas y Lutitas Expansivas en el Norte y Nororiente Peruano*.
- Llamoga Vásquez, L. Y. (2016). *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN Y CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS ARCILLOSOS USADOS EN SUBRASANTES AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ , CAJAMARCA 2016*. Cajamarca.
- Lopez, U. (1998). *Gestion Estrategica de la Calidad*. Malaga.
- Manual de ensayos de materiales. (2006). *Determinacion de los factores de contraccion de los suelos*.
- Manuel, B. S. (2012). *Metodologia de la investigacion cientifica*. Chiclayo.
- Martinez, R. B. (2009). *Diseño Geotecnico y Estructural de una cimentacion en arcilla expansiva*. Mexico.
- Milagros, C. V. (1992). *Suelos Expansivos en Talara*. Lima.
- N.T.P. (1998). *Metodo de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo*.
- N.T.P. (1999). *Analisis por tamizado*.
- N.T.P. (1999). *Ensayo para determinar el LL, LP e ÍP de los Suelos*.
- N.T.P. (1999). *Gravedad especifica*.
- N.T.P. (1999). *Metodo SUCS*.
- N.T.P. (2001). *Preservación y transporte de Suelo*.
- N.T.P. (2001). *Procedimiento Visual - Manual*. Lima.
- Norma Tecnica E.050 Suelos y Cimentaciones*. (2006). Peru.

- Ortiz, N. J. (2012). *CARACTERIZACION MECANICA DE LOS SUELOS ARCILLOSOS AFECTADOS POR DERRAMES SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN CONCENTRACIONES POR PORCENTAJE EN PESO: 5, 10, 15 Y 30*. Bucaramanga.
- Peruana, N. T. (1998). Obtencion en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).
- Peruana, N. T. (1999). 339.127 - ASTM D2216. *Contenido de Humedad*.
- Peruana, N. T. (1999). Clasificacion Unificada de Suelos SUCS. *NTP 339.134 - ASTM D2487*.
- Peruana, N. T. (1999). Contenido de Sales Solubles Totales y agua subterranea. *NTP 229.152 - BS 1377*.
- Peruana, N. T. (1999). Determinacion del Peso Volumetrico de Suelo Cohesivo.
- Peruana, N. T. (1999). Determinacion de los Factores de Contraccion de Suelos Mediante el Metodo del Mercurio.
- Peruana, N. T. (1999). Limite Liquido, Limite Plastico, e indice de plasticidad de Suelos. *NTP 339.128 . ASTM 4318*.
- Peruana, N. T. (1999). NTP 339.128 . ASTM D442. *Metodo de ensayo para analisis granulometrico*.
- Peruana, N. T. (1999). Peso Especifico Relativo de Solidos. *NTP 229.131 - ASTM D854*.
- Peruana, N. T. (2002). Metodo de Ensayo para la Determinacion del Contenido de Sales Solubles en Suelos y Agua Subterranea.
- Radio Programas del Perú. (09 de abril de 2018). *RPP Noticias*. Obtenido de Obra de saneamiento de San José aún no tiene fecha de inicio: <http://rpp.pe/peru/lambayeque/obra-de-saneamiento-de-san-jose-aun-no-tiene-fecha-de-inicio-noticia-1115526>
- Republica. (4 de Junio de 2012). *La Republica*. Obtenido de 88% de las casa en villa el sabador colapcasia sobre posible terremoto.
- Republica, L. (21 de octubre de 2013). *La Republica*. Obtenido de Chiclayo desprevenido ante un fenomeno del niño por falta de un drenaje pluvial.
- Reynoso, A. B. (1997). La hipotesis cientifica en la ingenieria estructural.

- Rondon, H. A. (2011). Evaluacion del comportamiento de arcillas sometidas a diferentes tiempos de exposicion a altas temperaturas. (16).
- Rosa, M. D. (2018). Area de Infraestructura. Chiclayo, Santa Rosa, Lambayeque.
- Saez, E. (2010). *Fundamentos de Geotecnia*. Chile.
- Sandoval, C. H. (2012). Caracterizaci• n de un suelo arcilloso tratado con. *Revista Facultad de Ingenier• a, UP*.
- Verdugo, R. (19 de Marzo de 2013). *Desaf• os de la Ingenier• a Geot• cnica en Chile*. Obtenido de Ediciones Especiales Online: <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=201303191233411>
- Villalaz, C. (2004). *Mecanica de suelos y cimentaciones*. Mexico.
- Whitman, T. L. (2012). *Mecanica de suelos*. Mexico.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 22.** *Matriz de consistencia*

Titulo	Formulación de problema	Hipótesis	Objetivos Específicos	Tipo y diseño de la investigación	Programación
“Correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, La Victoria – Lambayeque 2019”	¿Cuál será la correlación entre el Limite de Contracción y la actividad Coloidal en los suelos arcillosos en estudio?	Si existe correlación del límite de contracción entonces tendrá más actividad coloidal en suelos arcillosos	a. Conocer las propiedades físicas (Contenido de humedad, Granulometría por tamizado y sedimentación, límite de Atterberg (Líquido y Plástico), Limite de contracción, del suelo en estudio y realizar su clasificación SUCS y AAHSTO.  b. Evaluar la Actividad Coloidal del suelo en estudio.  c. Analizar la correlación entre el Limite de Contracción y la Actividad coloidal del suelo en estudio.	Tipo: Enfoque Cuantitativa Diseño: Correlacional	9 meses
		Objetivos		Instrumento de Recolección de Datos	Técnicas de recolección de datos
		Determinar la correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos.		Guía de Observación	observación y el análisis documental
		Variables		Guía de análisis documental	Justificación Científica: Producir nuevos conocimiento Social: Mitigando los riegos en las edificaciones. Económica: Mitigar las pérdidas económicas Ambiental: Tener en cuenta ciertos parámetros del terreno de fundación
		Variable 1: Límite de contracción.		Población y muestra Población: El suelo arcilloso	
		Variable 2: Actividad Coloidal		Muestra : 3 hectáreas	
				Financiamientos	
				Recursos propios	

**Fuente:** Elaborado por Tesista

## **ANEXO 2. CLASIFICACION SUCS Y AASHTO**

### **ANEXO 3. ESTRATIGRAFIA**

## **ANEXO 4. HUMEDAD HIGROSCOPICA**

**ANEXO 5. PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SOLIDOS**

## **ANEXO 6. GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACION**

## **ANEXO 7. LIMITE DE CONTRACCION**

**ANEXO 8. CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**Tabla 23.** Resumen de ensayos "calicata 1 y 2"

ENSAYO	PARAMETROS	C-1				C-2		
		C-1 M-1	C-1 M-2	C-1 M-3	C-1 M-4	C-2 M-1	C-2 M-2	C-2 M-3
Contenido de humedad	Humedad (%)	15.74	17.33	25.72	15.86	19.98	24.66	17.88
Granulometría	% pasa N°200 (%)	97.61	95.76	94.96	98.45	96.51	90.84	93.95
	% pasa 2 um (%)	28.14	41.25	50.63	22.47	26.33	40.04	31.10
	Limite liquido (%)	67.00	39.00	48.00	35.00	57.00	38.00	43.00
Límite de Atterberg	Limite Plástico (%)	19.00	13.00	22.00	22.00	16.00	20.00	18.00
	Índice de plasticidad (%)	48.00	26.00	26.00	13.00	49.00	21.00	28.00
Clasificación de suelos	SUCS	CH	CL	CL	CL	CH	CL	CL
	AASHTO	A-7-6 (16)	A-6 (15)	A-7-6 (16)	A-6 (9)	A-7-6 (15)	A-6 (11)	A-7-6 (17)
Peso Específico relativo de los solidos	Gs	2.680	2.495	2.515	2.321	2.682	2.584	2.599
Factores de Contracción	Límite de contracción (%)	12.63	12.68	11.53	8.25	14.16	19.10	20.52

**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Tabla 24.** Resumen de ensayos "calicata 3 y 4

ENSAYO	PARAMETROS	C-3			C-4			
		C-3 M-1	C-3 M-2	C-3 M-3	C-4 M-1	C-4 M-2	C-4 M-3	C-4 M-4
Contenido de humedad	Humedad (%)	21.65	23.96	8.30	8.30	15.34	23.96	25.85
Granulometría	% pasa N°200 (%)	97.31	94.73	96.40	97.57	97.02	96.29	98.00
	% pasa 2 um (%)	21.47	38.72	24.33	38.72	24.33	22.59	32.86
	Limite liquido (%)	56.00	50.00	49.00	59.00	39.00	42.00	34.00
Límite de Atterberg	Limite Plástico (%)	22.00	21.00	22.00	26.00	18.00	20.00	23.00
	Índice de plasticidad (%)	34.00	29.00	27.00	33.00	21.00	22.00	11.00
Clasificación de suelos	SUCS	CH	CH	CL	CH	CL	CL	CL
	AASHTO	A-7-6 (15)	A-7-6 (17)	A-7-6 (17)	A-7-6 (16)	A-6 (13)	A-7-6 (13)	A-6 (9)
Peso Específico relativo de los solidos	Gs	2.507	2.678	2.747	2.687	2.612	2.816	2.472
Factores de Contracción	Límite de contracción (%)	11.37	12.15	21.17	11.16	14.68	14.01	8.41

**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Tabla 25. Resumen de ensayos "calicata 5 y 6**

ENSAYO	PARAMETROS	C-5			C-6		
		C-5 M-1	C-5 M-2	C-5 M-3	C-6 M-1	C-6 M-2	C-6 M-3
Contenido de humedad	Humedad (%)	15.64	15.77	24.03	18.19	20.21	23.28
Granulometría	% pasa N°200 (%)	94.01	96.61	95.37	96.44	91.15	96.87
	% pasa 2 um (%)	38.44	26.08	20.72	36.71	22.19	31.73
	Limite liquido (%)	52.00	43.00	42.00	50.00	46.00	42.00
Límite de Atterberg	Limite Plástico (%)	16.00	21.00	24.00	19.00	25.00	24.00
	Índice de plasticidad (%)	36.00	22.00	18.00	31.00	21.00	18.00
Clasificación de suelos	SUCS	CH	CL	CL	CH	CL	CL
	AASHTO	A-7-6 (14)	A-7-6 (13)	A-7-6 (12)	A-7-6 (14)	A-7-6 (14)	A-7-6 (17)
Peso Específico relativo de los solidos	Gs	2.662	2.616	2.823	2.784	2.705	2.689
Factores de Contracción	Límite de contracción (%)	15.20	13.93	18.26	10.56	18.13	11.56

**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Tabla 26.** Resumen de ensayos "calicata 7 y 8

ENSAYO	PARAMETROS	C-7			C-8		
		C-7 M-1	C-7 M-2	C-7 M-3	C-8 M-1	C-8 M-2	C-8 M-3
Contenido de humedad	Humedad (%)	8.96	19.87	25.66	8.27	23.70	25.41
Granulometría	% pasa N°200 (%)	97.78	90.43	98.29	97.03	95.00	98.14
	% pasa 2 um (%)	37.80	21.76	34.03	47.20	22.85	33.10
	Limite liquido (%)	57.00	39.00	38.00	63.00	49.00	34.00
Límite de Atterberg	Limite Plástico (%)	25.00	18.00	24.00	22.00	21.00	18.00
	Índice de plasticidad (%)	32.00	21.00	14.00	41.00	28.00	16.00
Clasificación de suelos	SUCS	CH	CL	CL	CH	CL	CL
	AASHTO	A-7-6 (15)	A-6 (13)	A-6 (10)	A-7-6 (16)	A-7-6 (17)	A-6 (11)
Peso Específico relativo de los solidos	Gs	2.847	2.688	2.498	2.695	2.815	2.497
Factores de Contracción	Límite de contracción (%)	11.26	17.43	8.95	13.48	20.60	8.06

**Fuente:** Elaborado por Tesista

**Tabla 27. Resumen de ensayos "calicata 9"**

ENSAYO	PARAMETROS	C-9		
		C-9 M-1	C-9 M-2	C-9 M-3
Contenido de humedad	Humedad (%)	15.52	21.00	23.06
Granulometría	% pasa N°200 (%)	95.79	95.62	96.52
	% pasa 2 um (%)	39.93	31.73	18.54
	Limite liquido (%)	50.00	52.00	46.00
Límite de Atterberg	Limite Plástico (%)	17.00	21.00	22.00
	Índice de plasticidad (%)	33.00	31.00	24.00
Clasificación de suelos	SUCS	CL	CH	CL
	AASHTO	A-7-6 (14)	A-7-6 (14)	A-7-6 (15)
Peso Específico relativo de los solidos	Gs	2.683	2.762	2.832
Factores de Contracción	Límite de contracción (%)	16.30	11.28	21.04

**Fuente:** Elaborado por Tesista