



# Mecánica de Suelos y cimentaciones

## Capítulo 3: Estudios de mecánica de suelos

## Mecánica de Suelos y cimentaciones

### Capítulo 3: Estudios de mecánica de suelos

ISBN: 978-9942-42-027-5

Edición: Primera.

Editorial: AutanaBooks SAS

Fecha de Publicación: Marzo 2022.

Autores: De La Cruz Vega Sleyther Arturo, Mendoza Flores Cristian Milton, Ascoy Flores Kevin Arturo, Cipriano Bautista Johnny Gregorio, Barrenechea Alvarado Julio Cesar, Flores Reyes Gumercindo.

ISBN: 978-9942-42-027-5



#### INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

##### Sleyther Arturo De La Cruz Vega:



Es ingeniero civil con maestría en ecología y gestión ambiental. Cuenta con estudios de doctorado en ingeniería civil. Tiene experiencia en el área de proyectos. Es docente de la universidad nacional de barranca, asesor de tesis y proyectos de investigación.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0254-301X>

Correo: [sdelacruz@unab.edu.pe](mailto:sdelacruz@unab.edu.pe)

Afiliación institucional: Universidad Nacional de Barranca

##### Cristian Milton Mendoza Flores



Es Licenciado en Física de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo desde el año 2006 en la ciudad de Lambayeque, Perú, también cuenta con el grado de maestro en ecología y gestión ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión desde el año 2018. En la actualidad es docente de la Universidad José Faustino Sánchez Carrión y desempeña el cargo de director (e) del departamento académico de física

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2298-6224>

Correo: [cmendozaf@unjfsc.edu.pe](mailto:cmendozaf@unjfsc.edu.pe)

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Kevin Arturo Ascoy Flores**

Ingeniero civil, con estudios de posgrado en gestión pública y gobernabilidad, con alta experiencia en procesos constructivos y administración pública, catedrático de la Universidad Cesar Vallejo en la rama de construcción e hidráulica.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2452-4805>

Correo: [kascoy@ucv.edu.pe](mailto:kascoy@ucv.edu.pe)

Afiliación institucional: Universidad Cesar Vallejo

**Johnny Gregorio Cipriano Bautista**

Licenciado en educación y Licenciado en matemática aplicada, con estudios de posgrado en docencia superior e investigación universitaria y ciencias de la educación, con alta experiencia en investigación, catedrático de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Jefe de la unidad de grados y títulos de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7239-4665>

Correo: [jcipriano@unjfsc.edu.pe](mailto:jcipriano@unjfsc.edu.pe)

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Julio Cesar Barrenechea Alvarado**

Ingeniero industrial con estudios de postgrado en administración estratégica, con alta experiencia en el sector público y privado, catedrático de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, director de escuela de ingeniería civil de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4865-3073>

Correo: [jbarrenechea@unjfsc.edu.pe](mailto:jbarrenechea@unjfsc.edu.pe)

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Gumercindo Flores Reyes**

Ingeniero civil con maestría en gerencia de la construcción y doctorado en ingeniería civil, con amplia experiencia en el sector público y privado en proyectos de inversión pública, catedrático de la Universidad San Pedro, director del área de infraestructura de la Universidad San Pedro.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2305-7339>

Correo: [gumercindo.flores@usanpedro.edu.pe](mailto:gumercindo.flores@usanpedro.edu.pe)

Afiliación institucional: Universidad San Pedro - Chimbote

## I.- INTRODUCCIÓN

El análisis de suelos permite conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo proyectado, es decir, la composición estratigráfica, las capas o estratos que componen las diferentes propiedades del suelo y su profundidad, así como la profundidad a la que se deben realizar sus cimentaciones.

Es importante reconocer el tipo de suelo, debido a que cada uno de ellos tiene una propiedad específica como por ejemplo las gravas son muy permeables, las arenas tienen alta capilaridad, los limos son adecuados para compactación y las arcillas son impermeables.

Los estudios realizados al suelo, tales como la granulometría permiten clasificarlo según las normas SUCS o AASHTO, el análisis de la humedad permite reconocer la cantidad de agua que está presente conjuntamente con las partículas, el perfil estratigráfico permite conocer las alturas de las capas de suelos y su color y textura, los límites de consistencia como límite líquido y límite plástico permiten reconocer si tienen propiedades moldeables, la gravedad específica es un factor importante en su diseño, el contenido de sales solubles permite determinar el tipo de cemento a utilizar, el ensayo proctor permite conocer las características de compactación como es el peso específico seco y la humedad óptima y el ensayo de corte directo permite reconocer el ángulo de fricción interna y la cohesión presente en el suelo.

La finalidad del estudio de suelos es brindar los datos necesarios para realizar los diseños de las obras de ingeniería, reconocer las características del suelo in situ, prevenir los posibles problemas a futuro, así como establecer las modificaciones adecuadas a los procesos constructivos y sobretodo garantizar el buen funcionamiento de la edificación y cumplir su tiempo de vida útil.

## II.- ASPECTOS TEÓRICOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

### A. Los suelos

El suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan [1].

Es el material de construcción más antiguo de los empleados por el hombre en su evolución histórica. Paradójicamente, ha llegado hasta el presente constituyendo prácticamente la única alternativa para que una parte significativa de la humanidad pueda disponer de una vivienda en condiciones mínimas de habitabilidad [2].

El suelo donde se plantea construir se considera un factor esencial antes de emprender un proyecto de construcción. Puede establecer qué es posible y qué no, o puede ayudarlo a comprender qué preparativos deben realizarse para que el edificio logre el efecto deseado.

En la actualidad vivimos rodeados de un sin número de construcciones que pueden ser desde la construcción de una vivienda, edificaciones, puentes, hasta la construcción de carreteras, de tal manera que para poder llevar a cabo los proyectos antes mencionados es muy importante realizar un estudio de suelos que nos brinde la información necesaria sobre el lugar en el que deseamos realizar nuestro proyecto de ingeniería civil [3].

### B. Tipos de suelos

#### Gravas:

Las gravas pueden clasificarse como naturales o artificiales. Las naturales son aquellas partículas de suelo cuyo tamaño es mayor a 2 mm y menor a 7,62cm (3"); que son producto de las acumulaciones sueltas de fragmentos de roca. Las gravas suelen encontrarse en los lechos y márgenes de ríos, al igual que en depresiones de terrenos en los que se acumula el material por el transporte de ríos, y en muchos otros lugares a los cuales las gravas son transportadas. [4]

#### Arenas:

Arena es el nombre con que se designa a los materiales de grano fino que provienen del desprendimiento de las partículas finas de rocas causada por agentes erosivos o de trituración artificial. El tamaño de las arenas varía entre 2 mm y 0,05 mm de diámetro. [5]

### Limos:

Los limos no suelen tener propiedades coloidales, tienen dimensiones de 0,002 mm. y a medida que aumenta el tamaño de las partículas, se va haciendo cada vez mayor la proporción de minerales no arcillosos, no son expansivas y pueden ser colapsables.

### Arcillas:

Las arcillas son fruto de los agentes de meteorización físico-químicos actuantes sobre la roca madre original y se las puede considerar como unas acumulaciones naturales, consolidadas o no, de tamaño de grano fino ( $< 1 \mu\text{m}$  según los químicos que estudian los coloides,  $< 2 \mu\text{m}$  según los mineralogistas e investigadores del suelo, y  $< 4 \mu\text{m}$ , según los sedimentólogos) [6]

### C.Los suelos en el Perú

De acuerdo con el nuevo mapa de zonificación sísmica del Perú, según la norma sismo resistente E-0,30, desde el punto de vista sísmico, el territorio Peruano, pertenece al círculo circumpacífico, que comprende las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo y por lo tanto se encuentra sometido con frecuencia a movimientos telúricos. Pero dentro del territorio nacional, existen varias zonas que se diferencian por su mayor o menor frecuencia de estos movimientos, así tenemos que las normas sismo resistentes del reglamento nacional de construcciones, dividen el Perú en cuatro zonas. (Figura 1).

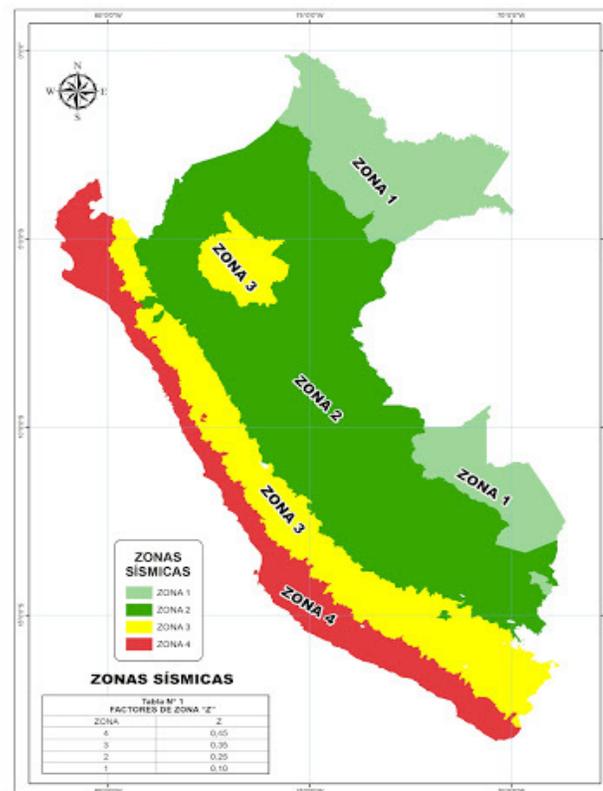


Fig. 1. Mapa de zonas sísmicas del Perú [6].

En la figura se observa la división del Perú según las zonas sísmicas existentes, existiendo 4 zonas bien diferenciadas, las más cercas a la costa tienen mayor riesgo sísmico, frente a las más alejadas. A cada zona según la ubicación tiene un coeficiente de suelo que se utiliza para los diseños sismorresistentes.

#### D. Estudio de mecánica de suelos

Son un conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación. Que debe ser obligatoriamente considerado en el diseño: estructural y del sostenimiento de las excavaciones y durante la construcción del proyecto [7] Los principales estudios de suelos realizados son los siguientes (Tabla 1),

**Tabla 1. Tipos de ensayos de suelos.**

Tipo de ensayo	Norma	Fuente
Análisis granulométrico	339.128	cdn.www.gob.pe
Límites de consistencia	339.129	
Contenido de humedad	339.127	
Peso específico de sólidos	339.131	
Proctor modificado	339.141	
Corte directo	339.171	
Contenido de sales solubles totales.	339.177/178	

Estos estudios se encuentran normados y permiten obtener los datos base para los cálculos estructurales, hidráulicos y geotécnicos de las distintas obras. Según el Inacal cada ensayo tiene sus normas y procedimientos determinados según su número, el cual es de realización obligatoria en el Perú.

#### *Datos técnicos del área estudiada*

Los datos técnicos engloba la información sobre el área de estudio como la distancia de los lados, ángulos internos y coordenadas de los vértices. (Tabla 2).

Asimismo se muestra la ubicación georeferencial del proyecto con cota, coordenadas y sector. (Tabla 3).

**Tabla 2. Coordenadas del área estudiada.**

Cuadro de datos técnicos						
Vértice	Lado	Distancia	Ang. Interno	Coordenadas		Altitud
				este(x)	norte(y)	cota(z)
A	A - B	68.65ml	74°34'45"	21°92'34.19"E	8°772'655.66"N	111,25
B	B - C	39.29ml	78°25'17"	21°92'65.40"E	8°772'594.52"N	112,45
C	C - D	64.12ml	92°56'50"	21°92'35.07"E	8°772'579.53"N	107,95
D	D - A	57.52ml	90°30'53"	21°91'91.83"E	8°772'616.89"N	108,75

El área estudiada tiene 4 vértices y 4 lados, con coordenadas este(x) y norte (y) obtenidas con GPS, asimismo la cota menor es de 108,75 y la cota mayor es de 112,45. Estos datos para la ubicación de los puntos de inspección a realizar.

**Tabla 3. Ubicación del punto georeferencial**

Cuadro de datos técnicos	Cota	Coordenadas		Ubicación	Sector
		este(x)	norte(y)		
BM1	109,33	21°92'34.19"E	8°772'655.66"N	sobre roca	ca. real

La ubicación del punto referencial( BM) es importante para poder realizar el levantamiento topográfico y tener la certeza de que las coordenadas utilizadas corresponden al área de estudio.

#### *Perfil estratigráfico*

Un perfil estratigráfico es una representación de un nivel de suelo o roca de una perforación o sondeo o corte abierto investigado. El cual se realiza con las relaciones continuas entre las profundidades de los suelos y roca. [8]. La tabla 4 muestra el perfil estratigráfico del suelo.

**Tabla 4. Perfil estratigráfico del suelo**

Esc.	Prof. (m)	Esp. (mts)	Muestra N°01	Símbolo	Observ.
1	-0,25	-0,25	Material de Relleno.		Excavación a cielo abierto
2	-0,80	0,55	Arena uniforme, de color gris claro, con bajo contenido de humedad y de compacidad media		
3	-2,00	1,20	Arena uniforme, de color gris claro, con bajo contenido de humedad y de compacidad media		
NAF: No se encontró nivel de aguas freáticas a la profundidad explorada.					

Este perfil muestra que el suelo presenta solo tres estratos bien definidos, de 0,25 cm, 0,55 cm y 1,20 cm, con presencia de material de relleno y arenas. Asimismo se observa la no presencia de nivel freático a la profundidad de estudio. Este perfil muestra el tipo de suelo, su color, contenido de humedad y compacidad, asimismo indica que método de exploración se ha utilizado.

### *Contenido de humedad natural*

El contenido de agua o humedad representa el porcentaje del peso de agua en una determinada masa de suelo con respecto al peso de partículas sólidas. El contenido de humedad del suelo puede cambiar rápidamente y aumentar en minutos u horas. [9]. La (Tabla 5) muestra el perfil estratigráfico del suelo.

**Tabla 5. Resultados del ensayo de humedad**

<b>Muestra</b>	<b>M-01</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Recipiente</b>		
<b>Peso Recipiente (g)</b>	43,36	41,97
<b>Peso Recipiente + Muestra Húmeda(g)</b>	217,63	235,41
<b>Peso Recipiente + Muestra Seca (g)</b>	213,85	230,94
<b>Peso Agua (g)</b>	3,78	4,47
<b>Peso Seco (g)</b>	170,49	188,97
<b>W %</b>	<b>2,22</b>	<b>2,37</b>
<b>W Promedio %</b>	<b>2,29</b>	

Para realizar este ensayo es necesario llevar la muestra al horno, calcular la variación de humedad y dividir el contenido de agua con el contenido de suelo seco. Después de la realización de los ensayos se observa que el suelo en estado natural presenta una humedad de 2,29 %, siendo esta mínima para los estudios de ingeniería.

### *Análisis granulométrico por tamizado*

El análisis granulométrico también llamado análisis de textura es un tipo de análisis físico que determina la textura del suelo resultante de la proporción relativa entre los diferentes grupos de partículas primarias según sus diámetros. [10]

La tabla 6 muestra los resultados del ensayo granulométrico del suelo utilizando los tamices y balanza.

**Tabla 6. Resultados del ensayo granulométrico del suelo.**

	Tamiz			Peso Retenido (g)	% parcial Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	Malla	Abertura(m m)	Serie				
Peso inicial: 1458,2 g.	3"	76,200	32854	0,00	0,0	0,0	100,0
	2"	50,800	33708	0,00	0,0	0,0	100,0
	1 1/2"	38,100	42260	0,00	0,0	0,0	100,0
SUCS: SP	1"	25,400	42774	47,10	3,2	3,2	96,8
AASHTO: A-3(0)	3/4"	19,050	46118	54,70	3,8	7,0	93,0
	3/8"	9,500	42967	93,50	6,4	13,4	86,6
%W 2,29      %Grava: 18,5	N°4	4,750	34993	73,80	5,1	18,5	81,5
LL 0      %Arena: 80,7	N°10	2,000	45806	45,10	3,1	21,5	78,5
I.P 0      %Finos: 0,8	N°20	0,840	45149	84,60	5,8	27,3	72,7
	N°40	0,420	43661	128,00	8,8	36,1	63,9
D <sub>10</sub> : 0,15      Cu: 2,37	N°80	0,180	34874	328,30	22,5	58,6	41,4
D <sub>30</sub> : 0,17      Cc: 0,52	N°100	0,150	34875	511,90	35,1	93,7	6,3
D <sub>60</sub> : 0,36	N°200	0,075	44659	79,40	5,4	99,2	0,8
	<N° 200			11,90	0,8	100,0	0,0

Para el desarrollo del análisis granulométrico se debe de contar con el peso en cada tamiz. Luego de esto se calcula el porcentaje de cada tamiz con respecto al peso total, el peso acumulado es la suma de los pesos retenidos y el porcentaje que pasa es la reducción de los porcentajes a partir del 100%.

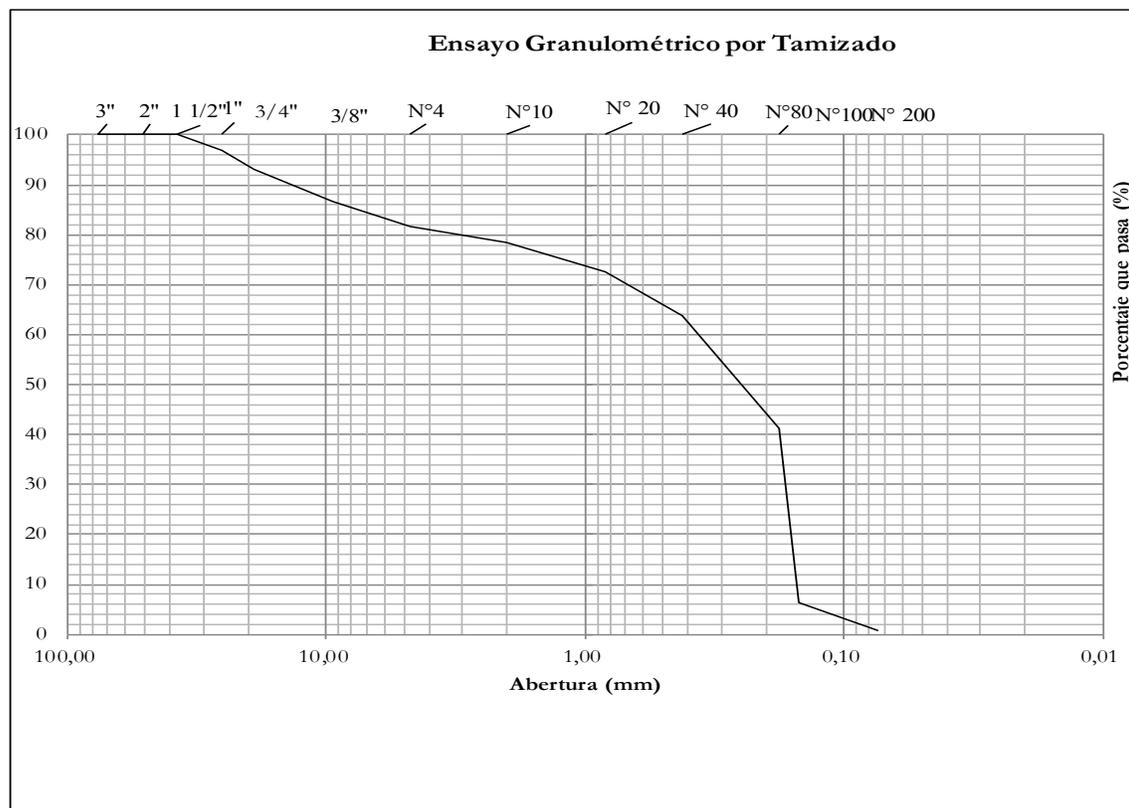


Fig. 2. Curva granulométrica del suelo

En la figura se observa la curva granulométrica del suelo estudiado, asimismo en esta curva se puede determinar los coeficientes de uniformidad y curvatura de la muestra. Esta curva se forma a partir de la intercepción de los tamices utilizados y los porcentajes que pasan cada malla.

#### *Límites de consistencia*

Los límites de Atterberg pertenecen, junto al análisis granulométrico, al tipo de ensayos de identificación. Pero, si el análisis granulométrico permite conocer la magnitud cuantitativa de la fracción fina, los límites de Atterberg indican su calidad, complementando así el conocimiento del suelo (Tabla 7) [11].

**Tabla 7. Resultados de los límites de consistencia.**

<b>Límites de Consistencia</b>	
Límite Líquido (%)	0,00
Límite Plástico (%)	N. P
Índice de Plasticidad	N. P

En la tabla se observa que el suelo es limpio, sin presencia de finos que reflejen la presencia de límites líquidos y plástico.

#### *Gravedad específica de los sólidos*

La gravedad específica de los sólidos de un suelo se utiliza para calcular las relaciones de fases de suelos, tales como razón de vacíos y grado de saturación. La gravedad específica de los sólidos del suelo se utiliza para calcular la densidad de los sólidos del suelo (Tabla 8).

**Tabla 8. Resultados de la gravedad específica.**

<b>Muestra:</b>	<b>M-01</b>	
<b>Peso Inicial Muestra (g)=</b>	200,0	200,0
<b>Peso Frasco volumétrico(g)=</b>	155,9	149,9
<b>Peso Frasco + Agua(g)=</b>	650,3	651,5
<b>Peso Frasco + Muestra(g)=</b>	355,9	349,9
<b>Peso Frasco + Muestra+ Agua(g)=</b>	774,8	776,1
<b>Gs=</b>	<b>2,649</b>	<b>2,65</b>
<b>Gs promedio=</b>	<b>2,65</b>	

Para la obtención de la gravedad específica es necesario que se pese la muestra y se recubra con parafina, luego esta se sumerge en un frasco volumétrico con agua para determinar el volumen. La división del peso inicial y el volumen obtenido brinda la gravedad específica. En la tabla se observa que el suelo tiene una gravedad específica de 2,65 el cual es importante para los cálculos geotécnicos.

#### *Determinación de las sales solubles totales:*

Las sales solubles son la consecuencia de la mezcla entre algunos elementos químicos, principalmente: Carbono (C), Oxígeno (O), Potasio (K), Cloro (Cl), Calcio (Ca), Sodio (Na), Magnesio (Mg), Azufre (S), y Nitrógeno (N) que se encuentran presente en el suelo (Tabla 9, tabla 10 y tabla 11)

**Tabla 9. Proceso de obtención del contenido de sales solubles totales**

<b>Contenido de sales solubles totales</b>	
Muestra:	Arena Uniforme
Peso Fiola (g):	115,17
Peso Fiola + Agua Destilada + sales (g):	207,51
Peso Fiola + sales (g):	115,28
Contenido de sales solubles totales (%)	0,12

En la (Tabla 10) luego de la realización de los ensayos se observa que la muestra de arena contiene 0.119% de sales solubles equivalente a 1191 ppm.

**Tabla 10. Porcentaje de sales solubles totales**

<b>Muestra</b>	<b>Sales solubles</b>	
	<b>(%)</b>	<b>(ppm)</b>
Arena uniforme	0,119	1191

En la tabla 11 se realiza la evaluación de los distintos porcentajes de sales con los cementos a utilizar, es por eso que evaluando con el tipo de cemento que se debe utilizar.

**Tabla 11. Evaluación del tipo de cemento y contenido de sales solubles totales.**

<b>Exposición a Sulfatos</b>	<b>suelo con S.S.T. em ppm</b>	<b>Tipo de Cemento</b>
Insignificante	$0 \leq SO_4 < 150$	I
Moderada	$150 \leq SO_4 < 1500$	MS. IP
Servera	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V
Muy severa	$SO_4 > 10000$	V + puzolana

Los resultados de este ensayo pueden reflejar la significación obtenida a partir de la cantidad de sales, por ejemplo para la cantidad de sales de 1191 se obtiene un significancia moderada, por lo cual el tipo de cemento a utilizar es un MS IP

*Ensayo de proctor*

La prueba Proctor estándar está diseñada para determinar la densidad máxima del suelo seco y la humedad óptima requerida para lograr esta densidad. Para ello, utilizar un cilindro de 1 litro de capacidad, caída libre desde una altura de 305 mm con un martillo estándar de 2,5 kg, relleno con 3 capas de material convenientemente compactado. (Tabla 12, tabla 13, tabla 14, tabla 15 y figura 3)

**Tabla 12. Determinación de densidad del suelo húmedo**

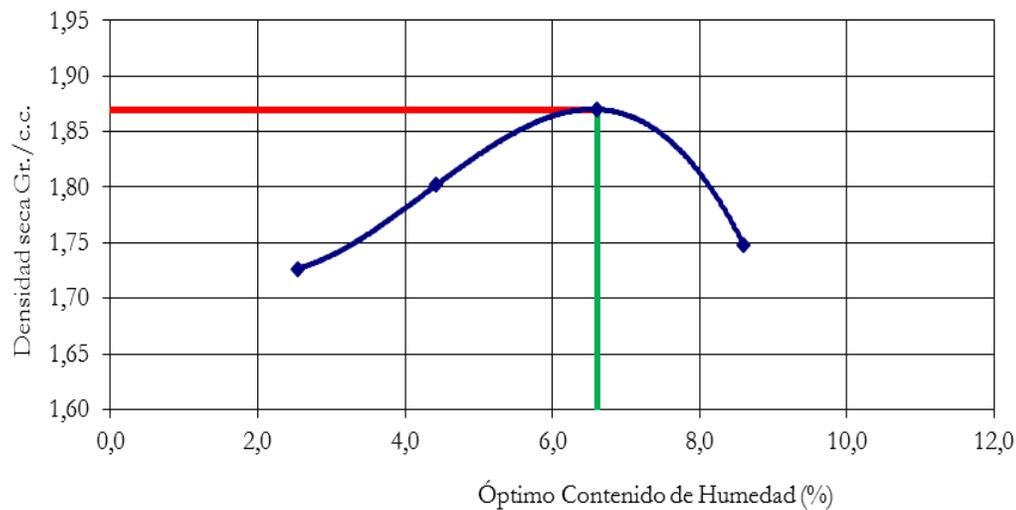
Nº de Ensayo	1	2	3	4
Peso molde + suelo húmedo (g)	5746,5	5850,6	5955,8	5866,2
Peso del molde (g)	4084	4084	4084	4084
Peso suelo húmedo (g)	1662,5	1766,6	1871,8	1782,2
Volumen del molde (cc)	939	939	939	939
<b>Densidad suelo húmedo (g/cc)</b>	<b>1,771</b>	<b>1,881</b>	<b>1,993</b>	<b>1,898</b>

**Tabla 13. Determinación de la máxima densidad seca y contenido de humedad optimo**

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Cantidad de H<sub>2</sub>O agregada</b>	<b>2,5%</b>		<b>4,5%</b>		<b>6,5%</b>		<b>8,5%</b>	
Peso tarro + suelo húmedo (g)	155,80	186,90	142,30	151,20	134,90	166,80	137,80	152,80
Peso tarro + suelo seco (g)	153,20	183,70	138,30	147,00	130,30	159,20	130,60	145,10
Peso tarro (g)	46,50	62,40	50,50	49,30	61,80	42,40	47,90	55,10
Peso del agua	2,60	3,20	4,00	4,20	4,60	7,60	7,20	7,65
Peso de suelo seco	106,70	121,30	87,80	97,70	68,50	116,80	82,70	90,00
Humedad (%)	2,4	2,6	4,6	4,3	6,7	6,5	8,7	8,5
<b>Humedad promedio (%)</b>	<b>2,537</b>		<b>4,427</b>		<b>6,611</b>		<b>8,603</b>	
<b>Densidad seca (g/cc)</b>	<b>1,727</b>		<b>1,802</b>		<b>1,87</b>		<b>1,748</b>	

**Tabla 14. Método utilizado para proctor**

Método	A
Numero de capas	5
Numero de golpes	25
DSM (g/cm <sup>3</sup> )	1,87
OCH (%)	6,60



**Fig. 3. Curva de compactación, densidad seca y óptimo contenido de humedad.**

Para la determinación del ensayo proctor se debe de realizar la compactación del suelo en un molde según el método A, B o C. Luego de realizar la compactación se pesa la muestra y el volumen es determinado según la característica del recipiente. Los resultados interceptados en un plano cartesiano generan una gráfica en forma de campana. En las tablas y figuras se observa que el contenido de humedad y compactación forman una figura de una campana, asimismo se observa que el contenido de humedad óptimo es de 6,5 % y la máxima densidad seca es de 1,87 gr/cm<sup>3</sup>

#### *Ensayo de corte directo*

El ensayo consiste en colocar la probeta directamente en la caja de corte, aplicar un esfuerzo normal específico, humedecer o drenar la probeta, inmovilizar la probeta bajo tensión normal y soltar el soporte de la probeta. Permite determinar la fuerza de adherencia y el ángulo de fricción interna del suelo. (Tabla 14, tabla 15, tabla 16, figura 4 y figura 5)

**Tabla 14. Determinación de densidad seca del espécimen**

Datos		Espécimen 01		Espécimen 02		Espécimen 03	
Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )		1,00		2,00		4,00	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
Área	(cm <sup>2</sup> )	28,56	28,56	28,56	28,56	28,56	28,56
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	1,69	1,75	1,7	1,75	1,71	1,77
Humedad	(%)	7,03	8,33	7,09	7,93	7,14	7,85
Densidad seca	(g/cm <sup>3</sup> )	1,58	1,61	1,59	1,62	1,59	1,64

Tabla 15. Evaluación de deformación tangencial y esfuerzo de corte

Especimen 01			Especimen 02			Especimen 03		
Deform. Tangencia l (mm)	Esfuerzo de corte		Deform. Tangencia l (mm)	Esfuerzo de corte		Deform. Tangencia l (mm)	Esfuerzo de corte	
	Tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizad o (kg/cm <sup>2</sup> )		Tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizad o (kg/cm <sup>2</sup> )		Tangencial (kg/cm <sup>2</sup> )	Normalizad o (kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	0,045	0,130	0,10	0,243	0,346	0,10	0,523	0,373
0,20	0,049	0,141	0,20	0,246	0,351	0,20	0,538	0,384
0,30	0,053	0,152	0,30	0,253	0,362	0,30	0,547	0,390
0,40	0,058	0,166	0,40	0,259	0,370	0,40	0,560	0,400
0,50	0,061	0,175	0,50	0,268	0,383	0,50	0,578	0,412
0,60	0,070	0,199	0,60	0,281	0,401	0,60	0,597	0,426
0,70	0,075	0,215	0,70	0,291	0,416	0,70	0,602	0,430
0,80	0,084	0,239	0,80	0,298	0,426	0,80	0,613	0,437
0,90	0,091	0,259	0,90	0,303	0,433	0,90	0,623	0,445
1,00	0,099	0,284	1,00	0,314	0,448	1,00	0,633	0,452
1,10	0,105	0,300	1,10	0,325	0,464	1,10	0,639	0,456
1,20	0,113	0,323	1,20	0,338	0,483	1,20	0,647	0,462
1,30	0,122	0,347	1,30	0,351	0,501	1,30	0,658	0,470
1,40	0,126	0,359	1,40	0,362	0,517	1,40	0,669	0,478
1,50	0,133	0,380	1,50	0,365	0,522	1,50	0,680	0,486
1,60	0,139	0,398	1,60	0,371	0,529	1,60	0,691	0,493
1,70	0,147	0,419	1,70	0,374	0,534	1,70	0,702	0,501
1,80	0,152	0,435	1,80	0,379	0,540	1,80	0,716	0,511
1,90	0,158	0,451	1,90	0,385	0,549	1,90	0,723	0,516
2,00	0,164	0,468	2,00	0,390	0,557	2,00	0,734	0,524
2,10	0,168	0,480	2,10	0,396	0,565	2,10	0,745	0,532
2,20	0,175	0,499	2,20	0,400	0,571	2,20	0,756	0,540
2,30	0,181	0,518	2,30	0,405	0,579	2,30	0,765	0,546
2,40	0,185	0,530	2,40	0,412	0,588	2,40	0,775	0,553
2,50	0,181	0,517	2,50	0,410	0,585	2,50	0,789	0,563
2,60	0,175	0,500	2,60	0,406	0,579	2,60	0,787	0,562
2,70	0,168	0,480	2,70	0,402	0,573	2,70	0,782	0,558
2,80	0,161	0,458	2,80	0,398	0,569	2,80	0,777	0,555
2,90	0,152	0,434	2,90	0,394	0,563	2,90	0,771	0,551
3,00	0,151	0,430	3,00	0,391	0,558	3,00	0,767	0,547
3,10	0,143	0,408	3,10	0,389	0,555	3,10	0,761	0,543
3,20	0,138	0,393	3,20	0,385	0,549	3,20	0,755	0,539
3,30	0,132	0,378	3,30	0,381	0,543	3,30	0,750	0,536
3,40	0,128	0,367	3,40	0,377	0,539	3,40	0,746	0,533
3,50	0,121	0,344	3,50	0,373	0,533	3,50	0,741	0,529

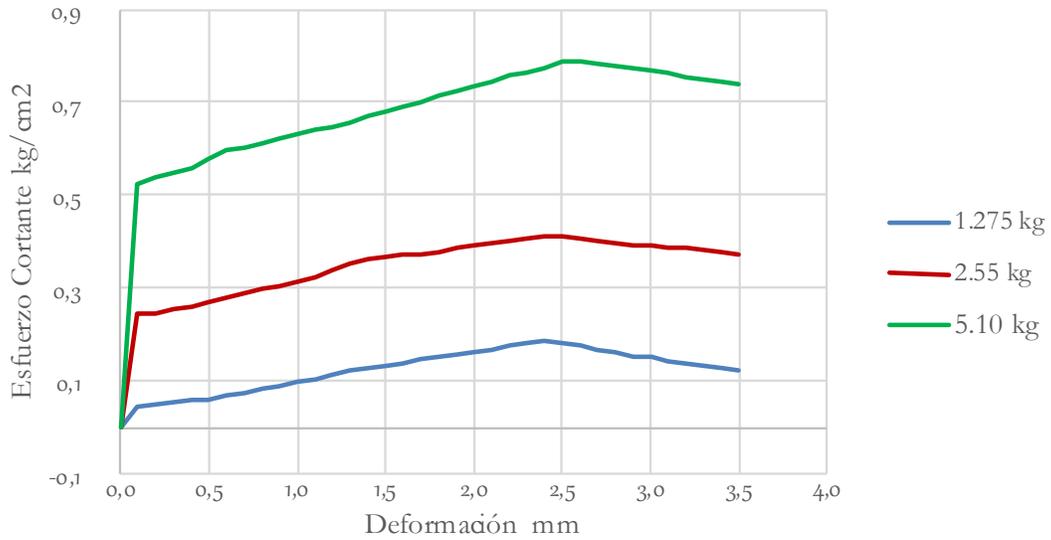


Fig. 4. Curva de esfuerzo cortante y deformación del suelo

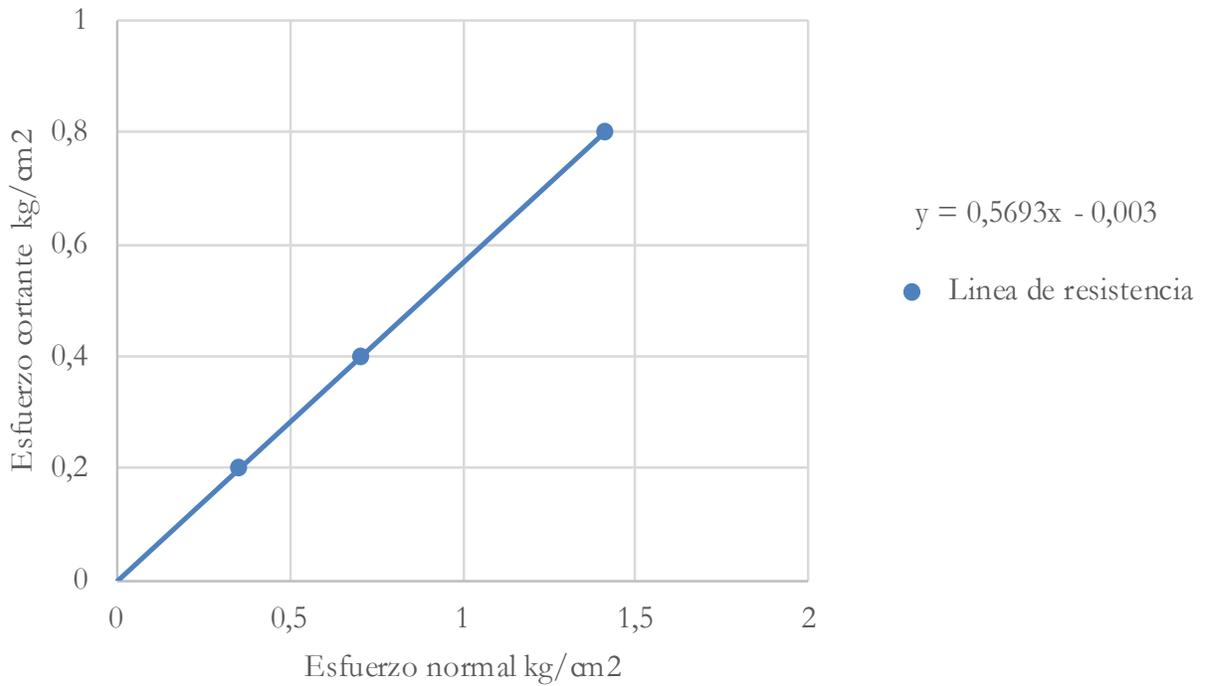


Fig. 5. Curva de esfuerzo cortante y esfuerzo normal

Tabla 16. Parámetros de resistencia al corte

Parámetros de Resistencia al Corte	
Cohesión	= 0,0 kg/cm
Angulo de fricción interna	= 29,7 °

A través del deslizamiento de la muestra con otra en un determinado plano de falla aplicando la fuerza de corte horizontal se van obteniendo los datos que permiten realizar la gráfica y obtener los parámetros. En las tablas y figuras se observa el proceso de obtención de los parámetros de resistencia al corte del suelo los cuales dan como resultado la cohesión de 0,00 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 29,7 °.

### III.- ACTIVIDAD DE REFORZAMIENTO PARA EL ESTUDIANTE

- 1.- ¿Por qué son importantes los suelos?
- 2.- ¿Qué otros tipos de suelos conoces?
- 3.- ¿Cuál es la aplicación del ensayo granulométrico?
- 4.- ¿Cómo se determina el contenido de humedad?
- 5.- ¿Todos los suelos tienen humedad cuando se encuentran en estado natural?
- 6.- Desarrollar los siguientes ejercicios de granulometría del suelo.

Tamiz			Peso Retenido (g)
Malla	Abertura(mm)	Serie	
3"	76,200		0,00
2"	50,800		0,00
1 1/2"	38,100		0,00
1"	25,400		20,14
3/4"	19,050		25,12
3/8"	9,500		50,20
N°4	4,750		73,80
N°10	2,000		21,30
N°20	0,840		18,10
N°40	0,420		110,20
N°80	0,180		245,00
N°100	0,150		241,50
N°200	0,075		15,20
<N° 200			25,70

### 7.- Desarrollar el siguiente ejercicio de contenido de humedad.

Tamiz			Peso Retenido (g)
Malla	Abertura(mm)	Serie	
3"	76,200		0,00
2"	50,800		0,00
1 1/2"	38,100		0,00
1"	25,400		0,00
3/4"	19,050		0,00
3/8"	9,500		160,00
N°4	4,750		85,30
N°10	2,000		140,50
N°20	0,840		100,00
N°40	0,420		70,30
N°80	0,180		53,10
N°100	0,150		91,70
N°200	0,075		87,10
<N° 200			12,10

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente:	46,10	52,80
Peso Recipiente + Muestra Húmeda:	250,70	220,70
Peso Recipiente + Muestra Seca:	210,50	200,60

### 8.- Desarrollar el siguiente ejercicio de proctor.

Número de Tarro	1	2	3	4
Cantidad de H <sub>2</sub> O agregada	2,5%	4,5%	6,5%	8,5%
Peso tarro + suelo húmedo (g)	150,70	135,00	160,90	155,30
Peso tarro + suelo seco (g)	148,10	130,50	157,10	141,40
Peso tarro (g)	43,00	45,70	40,20	51,00

**REFERENCIAS**

- [1] C. Crespo, “Mecánica de suelos y cimentaciones”, Ed. Limusa, 5ta edición, México, 2004
- [2] J. Toriac, “El suelo cemento como material de construcción”, ciencia y sociedad, no. 4, pp. 520-571
- [3] D. Pérez, “Análisis de la tipología del suelo del distribuidor de tráfico bella india aplicando el sistema unificado de clasificación de suelos”, Universidad Técnica de Machala, Ecuador, 2018
- [4] C. Villalaz, “Mecánica de suelos y cimentaciones”, Ed. Limusa, 2004.
- [5] A. Culma y F. Rojas, “Caracterización mineralógica y física de los agregados de la cantera Rodeb y acopios, aplicada a concreto y filtros”, Universidad Santo Tomas, 2018.
- [6] MVCS, “Reglamento nacional de edificaciones, 1era Edición, Perú, 2006.
- [7] L. Díaz y R. Torrecillas, “Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones”, Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio, n°. 5, pp. 459-470, 2002.
- [8] F. Cárdenas, “Sistema de información para representar u generar estratigrafía y propiedades del suelo”, Universidad de los Andes, 2005.
- [9] ABC Geotechnical Consulting, “Ensayo de humedad del suelo”, Bolivia, 2022.
- [10] TECNAL, “Textura y granulometría del suelo comprenda esta relación”, Brasil, 2022
- [11] E. Badillo y A. Rico, “Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos”, Ed. Limusa, 2005.