Horizonte Académico
Revista Multidisciplinaria
Recibido:05/05/2024 Aprobado:20/06/2024

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v4.n4.7

Diferentes formas del cálculo del Limite Liquido de los suelos

Wilson Ángel Gutiérrez Rodríguez
dicytfactec@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-8188-1441
Facultad Técnica
Universidad Técnica de Oruro
Oruro-Bolivia

RESUMEN

La determinación del Límite Líquido (LL) de un suelo es un aspecto crucial en la ingeniería civil, ya que influye directamente en la estabilidad y seguridad de diversas infraestructuras. Este parámetro es esencial para el diseño y construcción de cimentaciones, la estabilidad de taludes y la construcción de carreteras, incluyendo la subbase, base estabilizada y la carpeta de rodadura. El LL indica el contenido de agua a partir del cual un suelo pasa de un estado plástico a uno líquido, proporcionando información vital sobre su comportamiento ante cargas y deformaciones. Este trabajo presenta una revisión exhaustiva de los diferentes métodos utilizados para calcular el Límite Líquido, abarcando desde los procedimientos tradicionales, como el método de Casagrande, hasta las técnicas más modernas y automatizadas. Se comparan los resultados obtenidos mediante estas distintas metodologías, evaluando su precisión, reproducibilidad y aplicabilidad en diferentes tipos de suelos. Además, se discute la interpretación correcta de los resultados y su implicancia en el diseño de obras civiles y geotécnicas, destacando cómo una correcta aplicación del LL puede garantizar la seguridad y estabilidad de los proyectos de infraestructura.

Palabras clave: calculo, geotécnica, métodos, seguridad, comparación

Different ways to calculate the Liquid Limit of soils

ABSTRACT

The determination of the Liquid Limit (LL) of soil is a crucial aspect of civil engineering, as it directly influences the stability and safety of various infrastructures. This parameter is essential for the design and construction of foundations, slope stability, and road construction, including the subbase, stabilized base, and wearing course. The LL indicates the water content at which soil transitions from a plastic to a liquid state, providing vital information about its behavior under loads and deformations. This paper presents a comprehensive review of the different methods used to calculate the Liquid Limit, covering traditional procedures like the Casagrande method as well as more modern and automated techniques. The results obtained from these different methodologies are compared, evaluating their accuracy, reproducibility, and applicability to various soil types. Additionally, the correct interpretation of the results and their implications for the design of civil and geotechnical works are discussed, highlighting how proper application of the LL can ensure the safety and stability of infrastructure projects.

***Keywords**:* calculation, geotechnical, methods, safety, comparison

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de Horizonte Académico - Revista Científica, publicado en este sitio están disponibles bajo Licencia Creative Commons

INTRODUCCION

El límite líquido LL. Es el contenido de humedad ωL requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande (Figura 4.1) cierre una ranura de ½'' de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto (Ejercicio 5.1). Los valores corrientes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%; en arenas no se obtienen resultados. Escobar, C., & Potes, C. E. (2002). Mecánica de suelos. *Universidad Nacional de Colombia*.

La característica típica de los materiales finos es la plasticidad, aunque la plasticidad no está en relación del diámetro de las partículas, pues se ha demostrado que el cuarzo pulverizado en tamaños menores al de los limos no presenta ninguna característica plástica. La plasticidad es más bien un fenómeno electroquímico de los materiales finos, particularmente arcillosos. La partícula de arcilla está constituida por un núcleo sólido, alrededor del cual se encuentra una capa de agua llamada adsorbida en estado viscoso; esta agua está adherida eléctricamente al núcleo de arcillas, por lo que a bajas temperaturas no puede ser evaporada, es decir, su comportamiento no es al del agua normal, la que está presente rodeando a la capa de agua adsorbida. La capa adsorbida por sus características electroquímica puede atraer más agua mediante una acción en cadena lo cual significa un aumento de volumen. La plasticidad es pues originada por las características electroquímicas de la partícula de arcilla. Se ha establecido también que la cohesión y la expansión de las arcillas son producto de las propiedades electroquímicas de la capa adsorbida del agua. De aquí que se ha ensayado con éxito el cambio de las propiedades plásticas de los suelos arcillosos, mediante el cambio de las características electroquímicas de ellas. Para la Ingeniería estos aspectos deben tener la importancia para ilustrar sobre las complejidades que dan origen a las propiedades de los finos constitutivos del suelo. Los suelos según lo anterior, pueden ser de alta, media o baja plasticidad. A medida que los suelos aumentan su porcentaje de finos (menor que el tamiz No. 200) generalmente la plasticidad tiende a aumentar, sin embargo, como habíamos dicho anteriormente, la plasticidad no está precisamente en relación directa, con el porcentaje de finos. Así hay arenas con un contenido de finos (que pasa del tamiz No. 200) de un 15% por ejemplo y sin embargo, tener en conjunto más plasticidad que otra arena que tenga, por ejemplo, un 30% de finos.

La plasticidad, como se sabe, es la capacidad de un suelo para tomar formas diversas. Convencionalmente se supone que los suelos a medida que disminuyen su contenido de humedad va pasando por diferentes estados. Si un suelo está en solución con el agua puede disminuir por evaporación el contenido del agua, hasta convertirse en un barro fluido que poco a poco puede adoptar una forma con ligera deformación: en este caso, se dice que el suelo ha pasado del Estado Líquido al Estado Plástico. Casagrande demostró que el Límite Líquido (wL) podría ser groseramente definido como el contenido de agua para el cual un suelo tiene una resistencia al esfuerzo cortante de aproximadamente 0,025 kg/cm2. Estudios subsiguientes realizados por L.E.J. Norman Indicaron valores algo más bajos, en orden de 0,02 kg/cm2. Atterberg fue el primero que estableció un método para determinar convencionalmente el límite entre el Estado Líquido y el Estado Plástico. Posteriormente, A. Casagrande, introdujo un aparato sencillo mediante el cual se determina el Límite Líquido en un suelo. En Europa, por ejemplo, hay otros sistemas para determinar el Límite Líquido, como el Cono de Vasíliev (URSS): en toda forma el Límite Líquido por diferentes métodos generalmente da un mismo valor. A medida que un suelo en cuestión, en el Estado Plástico, disminuye su contenido de humedad, aumenta su resistencia, y consecuentemente presenta dificultades para ser amasado, por ejemplo, en cilindros de pequeño diámetro. Así el Límite Plástico (WP) se define como el - 30 - contenido de humedad para el cual cilindritos menores de 3mm de diámetro no pueden ser moldeados sin que se rompan. Esta convención sobre el Límite Plástico ha sido universalmente aceptada. Si el suelo sigue perdiendo humedad llegará un momento en que cualquiera que sea ésta no se contrae por efecto del secado. Entonces la humedad máxima para la cual el secado ya no produce cambios en volumen de un suelo, se ha llamado Límite de Contracción (WS). Índice de plasticidad (IP), es la diferencia entre el valor del Límite Líquido, y el valor del Límite Plástico. El Índice Plástico es una medida según el cual un suelo puede presentar, para cambios de humedad, un amplio rango de resistencia cohesiva. Así hay arcillas cuya humedad es cercana al Límite Líquido y que tienen tanta resistencia cohesiva como otra menos plástica y con una humedad también cercana al Límite Líquido. A medida que la humedad se acerca al valor del

Limite Plástico, en todos los suelos arcillosos, la resistencia al cortante aumenta en forma rápida. Así cuando la humedad ya es menor que el Límite Plástico las resistencias son tan altas, que el suelo resiste en la misma forma que una roca blanda y es incompresible prácticamente. Nieto, L. M. (1991). *Mecánica de suelos*. Universidad de Guayaquil.

Determinación Del Límite Liquido De Los Suelos: Se debe realizar una calibración de todos los equipos a utilizar como lo describe la norma INV E 125-13 en el numeral 8. La altura de caída de la cazuela de Casagrande debe ser de 10 +-2 mm. El espécimen se debe preparar por vía húmeda o vía seca según se indique, el espécimen se preparara según lo siguiente: Método de preparación por vía húmeda: o Material que pasa en su totalidad el tamiz No. 40: Se prepara de 150g a 200g de una mezcla del material con agua, añadiendo agua hasta que se llegue a cierta consistencia requerida dependiendo el método utilizado: Si se utiliza el método A, el cual necesita de varios puntos para determinar el límite líquido, la consistencia del suelo será de tal forma que la ranura echa en él se serie entre los 25 a 35 golpes. Si se utiliza el método B, el cual necesita de un punto para determinar el límite líquido, la consistencia del suelo será tal que la ranura echa en él se cierre entre los 20 y 30 golpes. o Material que contiene una pequeña parte de suelo retenida en el tamiz No. 40: El material será puesto dentro de recipiente y se le agregará agua hasta cubrirlo y el tiempo necesario para que los terrones del suelo se ablanden y las partículas de finos no estén adheridos a las partículas gruesas. Cuando la muestra contenga una gran cantidad de partículas gruesas se deberá realizar un lavado en el tamiz No.40, durante este lavado se deberá lavar cuantas veces sea posible las arenas y las gravas. Los terrones que no se disuelvan durante el lavado se deberán disgregar con suavidad. El material que finalmente quede retenido en el tamiz será descartado de la prueba. Se realiza en secado del suelo lavado, llevando la humedad del mismo hasta que se acerque al límite líquido. Este secado se podrá realizar por medio de diferentes métodos descritos en la INVE 125- 13 numeral 9.1.2.3 y 9.1.2.4. Método de preparación por vía seca: o Se debe secar la muestra en horno a una temperatura que no exceda los 60ºC, hasta que los terrones de suelo se puedan disgregar con facilidad y su apariencia sea completamente seca. o Se pasa el material por el

tamiz No. 40 manualmente para separar la fracción fina. El material retenido se volverá a disgregar y pasar nuevamente por el tamiz No. 40. Este procedimiento se repite hasta que el material retenido en el tamiz sea partículas individuales. o El material retenido en el tamiz se coloca en un recipiente con agua suficiente para que quede sumergido el material, la mezcla se tamizar en el tamiz No. 40 y el material que pasa por el tamiz será la fracción de finos adheridos a las partículas retenidas, esta fracción de finos se agrega al suelo que paso el tamiz previamente. o Se secara el material hasta que se acerque al límite líquido y se prepara de igual modo que en el ensayo por vía húmeda, se le agregara agua hasta que alcance la consistencia necearía según sea el método a utilizar, "A" o "B". Ensayo para el método "A": Se remezcla completamente el espécimen, ajustando el contenido de agua para que adquiera la consistencia requerida para que sean necesarios entre 25 a 35 golpes en la cazuela para cerrar la ranura que se forma en el suelo con ayuda del ranurador. Se coloca una cantidad de material necesaria en la cazuela, de tal forma que el material en su parte más gruesa no exceda un espesor de 10 mm, se debe usar el menor número de pasadas con la espátula para evitar que se capturen burbujas de aire. Se realiza una ranura con el ranurador empezando desde la parte más alta de la cazuela hasta la parte donde la cazuela descansa sobre la base. El ranurador debe permanecer perpendicular al punto de contacto, dando como resultado un arco. En suelos en los que no se puede hacer la ranura con una sola pasada firme se podrá hacer con varias pasadas cuidando de no desgarra el material y que la muestra no se deslice sobre la superficie de la cazuela. Se verifica que no haya quedado material en la ranura y en la base de la cazuela, posteriormente se comienza a girar la manivela para que se produzcan los golpes que se irán contando, hasta que las dos mitades del material en la cazuela se toque a lo largo de la ranura aproximadamente 13 mm (1/2"). Si durante el procedimiento el suelo se cierra repentinamente por causa de una burbuja contenida se repondrá el material de la ranura y se volverá a realizar la ranura. Y se volverá a realizar el procedimiento con la cazuela. Si el material se desliza en la cazuela se le añadirá agua a la mezcla para volver a colocarla en la cazuela de casa grande, si el problema persiste durante varios intentos con una mayor cantidad de humedad o si el suelo requiere siempre

menos de 25 golpes para que se cierre la ranura, se informa que no es posible determinar el límite liquido del suelo y que el suelo es no plástico (NP), sin que sea necesario realizar el ensayo de limite plástico. Se registra el número de golpes de (N), requerido para cerrar a ranura en la longitud indicada (1/2”). De cada muestra ensayada en la cazuela se saca una porción de suelo para realizar el ensayo de contenido de agua según la INVE 122-13. Se remezcla el suelo que fue utilizado y el que no, para volver a aumentar el contenido de humedad y se volverá a realizar el procedimiento de ranurador y de golpes. Ensayo para el método “B”: Se prepara el espécimen de igual modo que en el método “A”, excepto que la cantidad de agua añadida debe ser para alcanzar una consistencia necesaria que la ranura se cierre entre 20 a 30 golpes en la cazuela. Si durante el ensayo la cantidad es menor a 20 golpes o mayor a 30 golpes, se deberá ajustar la muestra para acércala a la consistencia necesaria para el ensayo. Si durante el ensayo los golpes necesarios para cerrar la ranura en una longitud de 13 mm, se tomara una muestra para determinar el porcentaje de húmeda según la INVE 122-13. Se recupera la forma del suelo en la cazuela añadiendo una pequeña cantidad de suelo preparado y se volverá a realizar el ensayo, si la cantidad de golpes difiere en más de 2 golpes necesarios para cerrar la ranura, se volverá a repetir el ensayo descartando la humedad tomada para el primer ensayo, se repetirán los pasos anteriores hasta que el golpe necesario para cerrar la ranura en los dos ensayos sea igual o que no difieran en más de dos golpes. INV, E., & DEL ENSAYO, M. T. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E–125–13. *PROPUESTA DE GUÍA PARA EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA*, 31.

El Limite Liquido se determinará de una muestra de suelo 50% Caolín y 50% Diatomea que será seleccionada por medio del ensayo granulométrico que posteriormente entrará en contacto con el agua, este será depositado en la Cazuela esférica de bronce y luego dividido en dos partes por medio de un artefacto con punta. Luego se hace fluir por medio de 25 golpes a una altura de 10mm a fin de que las dos partes se vuelvan a unir a una longitud de 13mm aproximadamente, según la NTC 4630, para determinar el LL por medio de este método es necesario realizar 28 varios ensayos cuyos

resultados serán promediados finalmente, por medio de una gráfica, la humedad del suelo y los cálculos correspondientes permitiendo de esta forma determinar el LL por medio de interpolación que se definirá como el porcentajes de humedad que contenga la muestra con respecto a su peso propio, en donde pasa del estado líquido al plástico. Para determinar el LP se realizará el ensayo con la misma muestra de suelo utilizada para el ensayo anterior por medio del método de los Rollitos, donde se determina el contenido de humedad amasando dicha muestra hasta formar rollos de 3mm de diámetro que serán llevados al horno determinando el contenido gravimétrico de agua como límite plástico (ICONTEC, Norma Técnica Colombiana 129, 1995). Díaz-Rodríguez, D. Z., & Llantén-Marín, L. T. (2017). Obtención del límite líquido y límite plástico usando el Penetrómetro de cono de caída y la cazuela de Casagrande para la combinación de un suelo 50% caolín y 50% diatomea.

El límite líquido se define, de forma arbitraria, como la humedad con la que un surco que separa dos mitades de una pasta de suelo, se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de unos 13 mm, cuando se deja caer la cuchara de Casagrande 25 veces desde una altura de 1 cm.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aparatos: Para la determinación del límite líquido se utiliza la Cuchara de Casagrande **Preparación De La Muestra:** Se separan aproximadamente 100 g de la fracción de muestra que pasa por el tamiz ASTM núm. 40 (0,40 UNE). Esta porción se amasa con agua destilada hasta que esté completamente mezclada. Se deja la mezcla en reposo durante una hora por lo menos, y se amasa de nuevo, añadiendo agua si fuera preciso.

Procedimiento

1. Se calibra el aparato si es preciso, de modo que la altura de caída de la cuchara sea exactamente de 1 cm.

2. Se toma una porción de la muestra y se coloca sobre la cuchara, de modo que en el punto de máximo espesor no tenga más de 1 cm. Siguiendo el diámetro de la cuchara se divide la muestra de suelo

practicando un surco con el acanalador. Este surco se hace en pocas pasadas de modo que el último deje limpio el fondo de la cuchara.

3. Se levanta y se deja caer la cuchara a razón de 2 golpes por segundo hasta que el suelo cierre el surco en una distancia de 13 mm, registrándose el número de golpes requerido.

4. Si el número de golpes está comprendido entre 15 y 35, se toma una porción de unos 15 g del suelo próximo a las paredes del surco, en la parte donde se cerró, y se determina su humedad.

5. Se retira la muestra de la cuchara que se ha de limpiar y secar.

6. Se repite el ensayo, hasta obtener una determinación entre 15 y 25 golpes, y otra entre 25 y 35. Muestra y surco después del ensayo

Datos: Número de golpes, N Identificación de la tara Peso de tara + suelo húmedo, P1 Peso de tara + suelo seco, P2 CALCULOS Existen diferentes procedimientos para calcular el límite líquido (LL) a partir de los puntos experimentales obtenidos en la realización del ensayo descrito anteriormente: Procedimiento

1. Son necesarios dos o más puntos experimentales. Se determina el límite líquido para cada punto experimental a partir de la siguiente relación: Donde: Nj: número de golpes en el ensayo j. hj: humedad de la muestra j. Se define el límite líquido como la media de los valores obtenidos para el LL en los J ensayos, expresada con una cifra decimal: Hay que tener en consideración que en todos los ensayos el número de golpes ha de estar comprendido entre 20 y 30.

   Acanaladores: A.- Acanalador de Casagrande. B.- Acanalador de la ASTM.

2. Son necesarios dos o más puntos experimentales. Las determinaciones experimentales se representan en un gráfico que tenga en abscisas el número de golpes y en ordenadas la humedad, ambos en doble escala logarítmica.

   Se desplaza la recta que aparece en la parte inferior del gráfico, paralela a sí misma hasta que ajuste, del mejor modo posible, a los puntos experimentales. Se lee directamente sobre la recta el LL como la humedad correspondiente a 25 golpes, expresada con una cifra decimal.

OBSERVACIONES - En general debe usarse el acanalador de Casagrande, pues con él se obtiene siempre la misma profundidad de surco. El acanalador de la ASTM tiene el inconveniente de que no controla dicha altura, por lo que suele dar valores de límite líquido inferiores a los obtenidos con el de Casagrande y con mayor dispersión. Una ventaja del acanalador de la ASTM es que se desgasta menos con el uso, y además es preferible en suelos turbosos y en suelos poco plásticos. En estos últimos el acanalador de Casagrande puede empujar una porción de suelo fuera de la cuchara y, en general, produce surcos muy irregulares. El secado en estufa produce una disminución apreciable del límite líquido en suelos orgánicos y algunos inorgánicos, por lo cual no debe de usarse este procedimiento de secado. Por ejemplo, en arcillas sulfhídricas, su límite líquido se puede reducir a la mitad tras la oxidación producida por este tipo de secado. Si se trata de un terreno de cimentación, es recomendable hacer el ensayo con el suelo en estado natural, aunque ello pueda entrañar la presencia de algunas partículas de tamaño algo superior al tamiz ASTM núm. 40. Si se trata de un suelo que deberá ser secado antes al aire, por ejemplo en la compactación de un terraplén, es preferible hacer lo propio en el laboratorio. Montero, J. C., Fernández, C. I., Fernández, F. L., & Jenoui, R. E. H. MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS.

El Limite Liquido es importante además la precisión de los resultados tanto en laboratorio como el cálculo matemático que se realiza. Este ensayo y la determinación del Limite Liquido determinaran la plasticidad que tiene el material y al mismo tiempo en la construcción de carreteras bajo cualquier sistema de clasificación ASSTHO o SUCS nos determinara que tipo de suelo corresponde y con este dato podremos realizar la mejora de la base, sub base o el terraplén del mismo.

El ensayo del límite liquido en nuestro medio se realiza aplicando la norma ASTM D4318 AASTHO T90 y con el material que pasa el tamiz No. 40 aproximadamente con 200 gr. Del material y proporcionalmente con 20 ml de agua purificada, que se irá aumentando de 3 ml a 3 ml hasta lograr encontrar con los puntos solicitados.

La utilización del equipo de Laboratorio: Aparato de Casa Grande con su ranurador, Balanza de precisión, taras correspondientes, horno, espátulas. Por lo general se solicita tres puntos para la determinación del Limite Liquido.

Primer Punto. - En este caso podríamos tener una consistencia seca por lo que la unión de la ranura abierta en el platillo de casa grande tardara en unirse y lo que se espera es la unión de la abertura de los 25 a 35 golpes. El golpe es la caída del platillo a su base a una altura de 1 cm siendo el giro de dos vueltas por segunda de su manivela en caso de ser manual el aparato de Casa Grande.

Segundo Punto. - Teniendo el material con una consistencia seca aumentamos 3 ml o más para obtener plástica lo que permitirá unirse la abertura realizada con el ranurador a los 20 a 30 golpes.

Tercer Punto. - Sumamos aún más cantidad de agua entre 3 ml o algo mas tendremos una rápida unión de la abertura generada por el ranurador y se podrá unir a los 15 a 25 golpes.

Una vez generado este proceso en laboratorio se obtendrán los datos necesarios para el cálculo del Limite Liquido bajo los siguientes métodos:

1. METODO GRAFICO
2. CALCULO GEOMETRICO
3. HERRAMIENTA DE CALCULO COMPUTACIONAL (EXCEL)

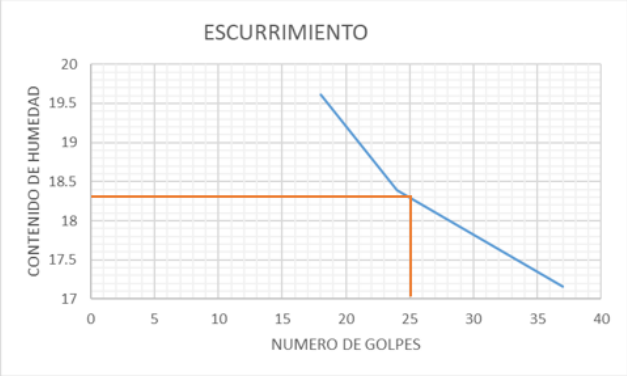
Mediante los tres métodos debemos hallar el mismo Limite Liquido, y esto significa la comprobación de los resultados obtenidos en el proceso calculo.

Se obtuvieron resultados en laboratorio en un primer caso los siguientes datos:

El material usado en este ensayo proviene del Banco de Santana (ciudad de Oruro – Bolivia), por ser un poco arcilloso en su primera revisión, posteriormente se mejoró con material granular de acuerdo a las especificaciones.

Método Grafico

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
Tara no.	G	N	S
Numero de golpes	18	24	37
Peso de la tara + muestra humeda	31	30.2	30.8
Peso de la tara + muestra seca	28	27.5	28.1
Peso del agua	3	2.75	2.68
Peso de la tara	13	12.5	12.5
Peso muestra seca	15	15	15.6
Contenido de agua %	20	18.4	17.2



De acuerdo al método grafico resulta para los 25 golpes el Límite Liquido = 18,3 %

Método Geométrico

La ecuación de la pendiente de una recta es definida por:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

donde P_1 (37; 17,2)

P_2 (24: 18,4)

Entonces m = - 0,0923

$y - y_1 = m (x - x_1)$

donde y = LIMITE LIQUIDO y x = 25 golpes

$y = m (x - x_1) + y_1$

y = -0,0923 (25 – 37) + 17,2

LL = y = 18,3 %

Herramienta De Calculo Computacional (Excel)

Para el cálculo computacional con Excel tomamos solo los dos puntos donde se encuentran los 25 golpes que nos interesa entonces la planilla del Limite Liquido se establece de la siguiente forma:

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO		
TARA No.	N	S
NUMERO DE GOLPES	24	37
PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA	30.2	30.8
PESO DE LA TARA + MUESTRA SECA	27.5	28.1
PESO DEL AGUA	2.75	2.68
PESO DE LA TARA	12.5	12.5
PESO MUESTRA SECA	15	15.6
CONTENIDO DE AGUA %	18.4	17.2



Presentamos la ecuación de la recta representado por los dos puntos únicamente:

y = - 0,0946 x + 20,661

donde x = 25 golpes

LL = y = - 0,0946 (25) + 20.661

LL = 18,3 %

Entonces el Limite Liquido por cualquiera de los métodos planteados es igual a 18,3 %

Se considera de baja plasticidad ya que es inferior al 50 % (estos son suelos de alta plasticidad). Y el material podrá utilizarse en Sub Base, Base y capa de rodadura respectivamente.

Su Grado de expansión de acuerdo al Limite Liquido obtenido considera que no existe hinchamiento.

Al comprender cómo influye el límite líquido en las propiedades mecánicas de los suelos, los ingenieros y geotécnicos pueden:

- Seleccionar el tipo de suelo adecuado para cada proyecto de construcción.
- Predecir el comportamiento del suelo ante cargas estáticas y dinámicas.
- Diseñar cimentaciones más seguras y eficientes.
- Optimizar la estabilidad de taludes y terraplenes.

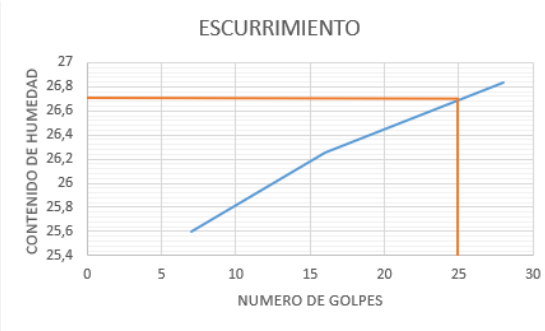
Comprender la relación entre el límite líquido y las propiedades mecánicas de los suelos es esencial para garantizar la seguridad y la eficacia de cualquier proyecto de ingeniería civil o construcción que involucre el uso del suelo como material de cimentación o soporte.

https://capasdelatierra.win/que-me-indica-el-limite-liquido-entendiendo-su-importancia-en-suelos/

Para corroborar con las tres formas de cálculo del Limite Liquido del suelo procedemos con otro ensayo de laboratorio obtenido muestra del municipio de Paria-Soracachi provincia Cercado, del Departamento de Oruro, ubicado geográficamente (coordenadas UTM) de la siguiente manera Calicata N.º 1 N = 8034939- E = 708933, Calicata N.º 2 N = 8034991- E = 709155, Calicata N.º 3

Método Gráfico

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO			
TARA No.	A-3	B-2	A-8
NUMERO DE GOLPES	7	16	28
PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA	25.14	25.7	27.88
PESO DE LA TARA + MUESTRA SECA	22.91	23.39	25.37
PESO DEL AGUA	2.23	2.31	2.51
PESO DE LA TARA	14.2	14.59	16.02
PESO MUESTRA SECA	8.71	8.8	9.35
CONTENIDO DE AGUA %	25.6	26.25	26.84



LIMITE LIQUIDO = 26,7 %

Método Geométrico

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

donde P_1 (16; 26,5)

P_2 (28: 26,84)

Entonces m = 0,02833

$y - y_1 = m (x - x_1)$

donde y = LIMITE LIQUIDO, x = 25 golpes

$y = m (x - x_1) + y_1$

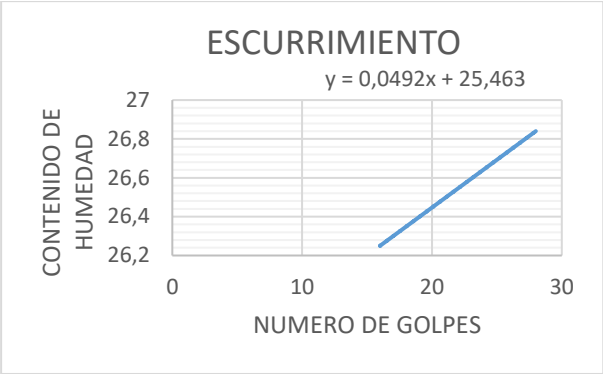
$y = 0,02833 (25 - 16) + 26,5$

LL = y = 26.7 %

Herramienta De Cálculo Computacional (Excel)

Para el cálculo computacional con Excel tomamos solo los dos puntos donde se encuentran los 25 golpes que nos interesa entonces la planilla del Limite Liquido se establece de la siguiente forma:

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO		
TARA No.	B-2	A-8
NUMERO DE GOLPES	16	28
PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA	25.7	27.88
PESO DE LA TARA + MUESTRA SECA	23.39	25.37
PESO DEL AGUA	2.31	2.51
PESO DE LA TARA	14.59	16.02
PESO MUESTRA SECA	8.8	9.35
CONTENIDO DE AGUA %	26.25	26.84



Reemplazando en la ecuación y = 0,0492 x + 25,463 el valor de x = 25

Limite Liquido = y = 0.0492(25) + 25,463

Limite Liquido = 26,7 %

La última muestra se considera de baja plasticidad y además no existe hinchamiento por lo que puede ser utilizado en los diferentes trabajos de infraestructura vial.

CONCLUSIONES

En mecánica de suelos tenemos que cumplir normas y reglamentos desde el primer momento cuando nos proponemos realizar un determinado ensayo de suelo, por lo que a medida de las exigencias o solicitudes se debe realizar paso a paso vale decir en forma consecutivamente los diferentes laboratorios.

Es por eso que la determinación del Limite Liquido de los suelos es muy importante en cuanto a su determinación en Laboratorio como en el cálculo. Por lo que en el presente artículo se plantea tres diferentes métodos: grafico, geométrico, y el cálculo computacional (EXCEL), los cuales como se comprobó tienen que arrojar el mismo resultado.

Lo que significativamente ayudara a comprobar resultados y de esta forma no tener ninguna dificultad en la interpretación de los resultados, vale decir mencionar si un límite liquido excede el 50 %, estaremos hablando de suelos de alta plasticidad y tendremos que solucionar bajo ciertos criterios que ese valor sea menor para cualquier obra de infraestructura civil y particularmente caminera.

REFERENCIAS

AASHTO. (2021). Standard Method of Test for Particle-Size Analysis of Soils. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials. Alvarado, F. (2021). Técnico Universitario en Minería y Metalurgia. [Información proporcionada en el texto original] P á g i n a 6927 ASTM International. (2017). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (D6913/D6913M - 17). West Conshohocken, PA: ASTM International.

Nieto, L. M. (1991). *Mecánica de suelos*. Universidad de Guayaquil.

Escobar, C., & Potes, C. E. (2002). Mecánica de suelos. *Universidad Nacional de Colombia*.

INV, E., & DEL ENSAYO, M. T. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E–125–13. *PROPUESTA DE GUÍA PARA EL LABORATORIO DE SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA*, 31.

Díaz-Rodríguez, D. Z., & Llantén-Marín, L. T. (2017). Obtención del límite líquido y límite plástico usando el Penetrómetro de cono de caída y la cazuela de Casagrande para la combinación de un suelo 50% caolín y 50% diatomea.

Montero, J. C., Fernández, C. I., Fernández, F. L., & Jenoui, R. E. H. MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS. https://capasdelatierra.win/que-me-indica-el-limite-liquido-entendiendo-su-importancia-en-suelos/