

PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE SUELO Y SU INFLUENCIA EN LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS

PREPARATION OF SOIL SAMPLES AND THEIR INFLUENCE ON THE DETERMINATION OF THE LIQUID LIMIT IN DIFFERENT TYPES OF SOILS

Pérez-Carreta A.¹, Mora-Ortiz R. S^{1*}, Mora-Ortiz T. J², Munguía-Balvanera E.¹, Cálix-Madrigal V.¹

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez km. 1, Colonia La Esmeralda, Cunduacán, Tabasco, México. CP. 86690.

² Universidad Autónoma de Guadalajara, campus Tabasco. Departamento de Diseño y Construcción. Av Paseo Usumacinta Km. 3.5, Fracc. El Country. Villahermosa, Tabasco, México. CP. 86039.

*rene.mora@ujat.mx

RESUMEN

La determinación del Límite Líquido (LL) en los suelos es importante cuando se pretende construir estructuras como carreteras y cimentaciones, ya que valores elevados de este parámetro a menudo representan problemas de compresibilidad ante cargas. En el proceso de preparación del suelo antes de realizar el ensayo para determinar el LL existen dos aspectos importantes: el tipo de secado inicial de la muestra y su tiempo de reposo en estado húmedo antes de realizar el ensayo. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de las variaciones en estos dos aspectos en

los valores de LL en tres tipos diferentes de suelos (CH, MH y ML). Para evaluar el efecto del secado, se elaboraron tres muestras de cada uno de los suelos y se secaron de formas distintas: i) al aire (como marca la norma), ii) en horno a 60 °C y iii) en horno a 100 °C. Para analizar el efecto del tiempo de reposo se elaboraron cuatro muestras para cada uno de los suelos y se dejaron reposar a diferentes tiempos: i) sin reposo, ii) seis horas, iii) 24 horas (como marca la norma) y iv) 48 horas. Los resultados demostraron que secar el suelo al horno a 60 °C genera valores muy similares que los que se obtuvieron al secar al aire. El análisis del

periodo de reposo demostró que para el suelo ML es suficiente dejar reposar seis horas, mientras que para los suelos CH y MH es necesario dejarlos reposar mínimo 24 horas.

Palabras clave: copa de Casagrande, límites de consistencia, secado, tiempo de reposo, compresibilidad.

ABSTRACT

The determination of the Liquid Limit (LL) in soils is important when it is intended to build structures such as roads and foundations, since high values of this parameter often represent compressibility problems under loads. In the process of preparing the soil before performing the test to determine the LL there are two important aspects: the type of initial drying of the sample and its resting time in the wet state before performing the test. The objective of this research was to determine the effect of variations in these two aspects on LL values in three different types of

soils (CH, MH and ML). To evaluate the effect of drying, three samples were prepared from each of the soils and dried in different ways: i) in the air (as the standard marks), ii) in an oven at 60 oC and iii) in an oven at 100oC. To analyze the effect of rest time, four samples were prepared for each of the soils, and they were left to rest at different periods of time: i) without rest, ii) six hours, iii) 24 hours (as the norm indicates) and iv) 48 hours. The results show that drying the soil into the oven at 60°C generates very similar values to those obtained when is air-dried. The analysis of the resting period showed that for ML soil it is satisfactory to let it rest for six hours, while for CH and MH soils it is fundamental to let it rest for at least 24 hours.

Keywords: Casagrande cup, Atterberg limits, soil drying, resting time, and compressibility.

INTRODUCCIÓN

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre, que tiene su origen en la descomposición de las rocas debido a la acción de los agentes del intemperismo [1]. El tipo de suelo que se forma depende de estos agentes que atacan a la roca madre, así, por ejemplo, los agentes del intemperismo químico dan origen a los suelos finos (partículas menores a 0.074 mm): limos y arcillas. El comportamiento hidromecánico de estos suelos se ve decisivamente influenciado por su estructura y por su constitución mineralógica [2]. Un atributo característico de este tipo de suelos es la plasticidad, esta propiedad ocasiona que los suelos cambien su consistencia en función de su contenido de agua, es decir, cuando los suelos con plasticidad tienen poca humedad exhiben gran resistencia y muy poca deformabilidad, pero al aumentar el contenido de agua pierden gran parte de esta resistencia volviéndose suelos muy

compresibles. La plasticidad es precisamente la propiedad que hace de los suelos arcillosos materiales difíciles de trabajar en la ingeniería civil, ya que en época de estiaje su resistencia es elevada, permitiendo construir terraplenes y cimentaciones que soportan sin ningún problema sus cargas. Sin embargo, en época de lluvias esta resistencia cae abruptamente, volviéndose un suelo muy deformable. Esta repentina deformabilidad puede ocasionar asentamientos excesivos y la falla de la estructura [3]. Por lo anterior, es común referirse a los suelos con alta plasticidad como suelos compresibles. A fin de prever el comportamiento de estos suelos es de suma importancia determinar el grado de plasticidad que poseen. El parámetro que permite cuantificar la plasticidad en los suelos es el índice de plasticidad (IP), que se define como la diferencia entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP). Este último, se define como el contenido de

agua en porcentaje para el cual un suelo pasa de un estado semisólido a plástico, mientras que el Límite Líquido es el contenido de agua en porcentaje para el cual un suelo pasa de un estado plástico a líquido [4]. El LL es muy importante en la identificación de los suelos compresibles, tanto que se considera que si un suelo fino sobrepasa el valor de 50 % se le considera de alta compresibilidad. El método más común para determinar el valor del LL en el laboratorio es mediante la Copa de Casagrande (**Figura 1**). Lo anterior se debe a su rapidez de ejecución y a que no requiere de equipo muy sofisticado.



Figura 1. Copa de Casagrande (Fuente: procemat.com).

El procedimiento de la prueba está descrito en el Manual de Métodos de Muestreo y Pruebas de Materiales del

Instituto Mexicano del Transporte (IMT), en su sección 07 (límites de consistencia) [5]. También se pueden encontrar buenas referencias en los libros publicados por Juárez-Badillo y Rico-Rodríguez [1] y por Das [4]. En el manual del IMT [5] antes descrito, se señala como primer paso la preparación del suelo antes de la ejecución del ensayo. Los aspectos que implica esta preparación previa son: al llegar el suelo al laboratorio se debe someter a un secado previo al sol o al aire para facilitar su disgregado, para posteriormente cribarlo por la malla #40 (0.425 mm) y descartar partículas de otros materiales, así como cualquier contaminante. Una vez secado y cribado, se debe seleccionar una porción de 250 g de este suelo, colocarlo en un vaso de aluminio y humedecerlo hasta formar grumos.

Este suelo húmedo se somete a un periodo de reposo de 24 horas para garantizar una humedad homogénea en

toda la muestra. Pasado este periodo de reposo se ejecuta el ensayo [5]. Ahora bien, en la práctica cotidiana de esta prueba es habitual que con la finalidad de obtener resultados más rápidos el secado previo del material se hace en el horno a altas temperaturas. Adicionalmente, es común que el periodo de reposo no se cumpla.

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia sobre el valor del LL de estos dos últimos aspectos: secado al horno y tiempos de reposo distintos al marcado en la norma. Esta influencia se analizó en tres tipos diferentes de suelos.

METODOLOGÍA

Preparación y análisis de las muestras de suelo. Se recolectaron tres tipos de muestras de suelo con diferentes grados de plasticidad, con la intención de observar distintos comportamientos. Estos materiales fueron obtenidos mediante muestreo en sitio, utilizando herramienta manual y aplicando el método conocido como PCA (Pozo a Cielo Abierto) [1] a una profundidad de 1.5 m.

En la **Tabla 1** se presenta la descripción de los materiales en estudio y en la **Tabla 2** las propiedades básicas para cada tipo de suelo determinadas en el laboratorio.

Tabla 1. Descripción de las muestras de suelo en estudio.

Muestra de suelo	Descripción
Suelo 1	Muestra recolectada a un costado de la carretera Federal Villahermosa-Teapa en el entronque con la carretera estatal Playas del Rosario-Teapa, a la altura del km 020+285 (Figura 2a). El material extraído es de color rojo y no presenta contenido de materia orgánica.
Suelo 2	Muestra recolectada a un costado de la carretera Federal Dos Bocas-Reforma, mejor conocido como vía corta en el municipio de Comalcalco, Tabasco, a la altura del Restaurant Familiar Oasis (Figura 2b). El material extraído es de un color café claro y no hay presencia de materia orgánica.
Suelo 3	Muestra recolectada de la carretera Cárdenas- Huimanguillo cerca de la avenida Miguel Orrico de los llanos (Figura 2c). El material extraído es de un color amarillo claro y no hay presencia de materia orgánica.

Tabla 2. Características básicas y clasificación de los suelos en estudio.

Propiedades	Muestras de suelo		
	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3
Límite Líquido (LL)	90.7 %	34.8 %	74.4 %
Límite Plástico (LP)	36 %	26 %	47 %
Índice de Plasticidad (IP) = LL-LP	54.7 %	8.8 %	27.5 %
Peso específico relativo de sólidos	2.69	2.62	2.70
Clasificación S.U.C.S*	CH (Arcilla de alta compresibilidad)	ML (Limos de baja compresibilidad)	MH (Limos de alta compresibilidad)

*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos



Figura 2. Localización geográfica de la recolección de muestras. (a) Suelo 1; (b) Suelo 2; (c) Suelo 3.

Con la finalidad de observar los cambios en el valor del LL debido a los procesos de secado previo (al aire o en horno), así

como del tiempo de reposo antes de ejecutar el ensayo fue necesario contar con valores de referencia, es decir, se

realizaron ensayos del LL en cada uno de los suelos siguiendo el procedimiento señalado en el manual del IMT [5].

Efecto del tipo de secado sobre el valor del LL. Para determinar los posibles cambios en los resultados del ensayo del LL debido al tipo de secado previo al que se somete al suelo se siguió el siguiente procedimiento experimental. De cada suelo se obtuvieron tres muestras:

- a) La primera muestra se sometió a secado al aire (a como lo marca la norma [5]) dentro de una habitación con temperatura controlada (25 °C) hasta alcanzar una humedad de 4 % \pm 0.5. Esta muestra sirvió como control.
- b) La segunda muestra se sometió a secado en horno tipo AR-290AD para materiales a una temperatura de 60 °C por un periodo de 24 horas.
- c) La tercera muestra se sometió a secado en horno tipo AR-290AD

para materiales a 100 °C por un periodo de 24 horas. La **Figura 3(a)** muestra el esquema de los ensayos.

Efecto del tiempo de reposo en el valor del LL. La influencia del tiempo de reposo de la muestra de suelo antes de realizar el ensayo del LL se avaluó de la siguiente manera:

- 1) De cada suelo se obtuvieron cuatro muestras, se secaron al aire, cribaron y humedecieron siguiendo estrictamente el mismo procedimiento señalado en el manual IMT [5].
- 2) A una de las muestras no se le dejó reposar, es decir, se realizó el ensayo en ese mismo momento.
- 3) Las otras tres muestras se dejaron reposar en una habitación con temperatura controlada (25 °C \pm 2) a diferentes tiempos: 6, 24 y 48 horas.

4) Transcurrido el tiempo de reposo se realizó el ensayo del LL. La **Figura 3(b)** muestra el esquema de los ensayos. La muestra con 24

horas de reposo sirvió como control, ya que es el tiempo que indica la norma.

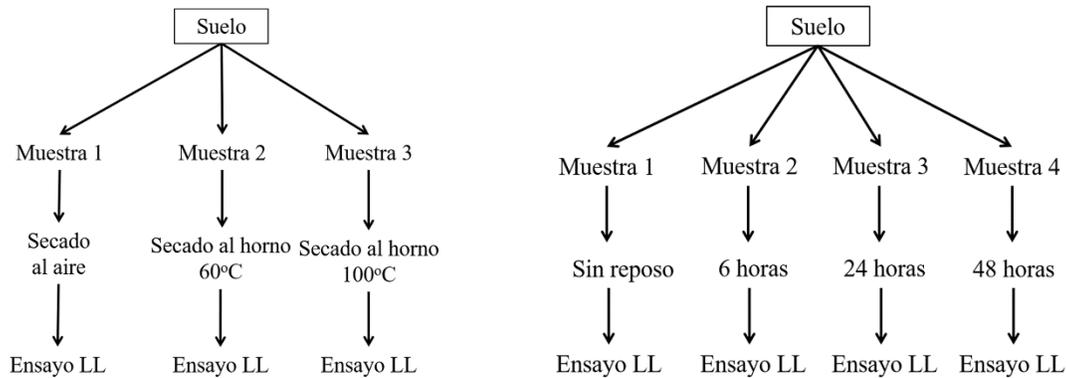


Figura 3. Procedimientos para determinar el efecto del tipo de secado (a); y del tiempo de reposo (b).

Todos los ensayos para determinar el LL se realizaron por triplicado y siguiendo estrictamente el procedimiento señalado en el manual de Métodos de Muestreo y Pruebas de Materiales del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), en su sección 07 (límites de consistencia) [5].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipo de secado. Tomando como valor de referencia el LL obtenido con el secado al aire (como marca la norma [5]) se observa

en la **Figura 4** que para los tres suelos en estudio el secado al horno a 60 °C genera valores de LL muy similares a los de referencia. Para el caso de los suelos 1 y 3, Arcilla y limo de alta compresibilidad, respectivamente, se observa que al secar el suelo en el horno a 100 °C los valores del LL caen considerablemente (39.69 % y 14.36 %, respectivamente). Este comportamiento se presenta porque la temperatura de 100 °C altera las uniones

entre las partículas de arcilla, lo que a su vez altera los valores del LL [6]. Este efecto es menos marcado en el suelo 2 (limo de baja compresibilidad) debido a que al poseer baja plasticidad la alteración

es mínima, de hecho, en este tipo de suelo el tipo de secado no genera variaciones considerables en los valores del LL.

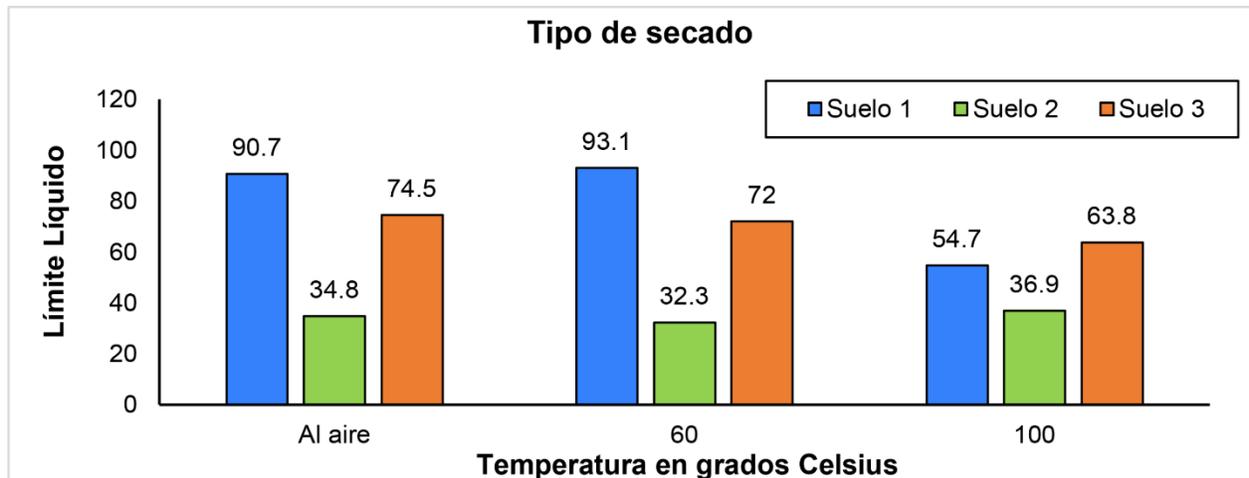


Figura 4. Resultados de los ensayos de Límite variando el tipo de secado

Tiempo de reposo. Se observa en la Figura 5 que el tiempo de reposo de las muestras antes de realizar el ensayo es un factor muy importante. Tomando como valor de referencia al LL que se obtuvo con 24 horas de reposo (como marca la norma [5]) se observa que el suelo 1 (arcilla de alta compresibilidad) exhibe bastante variación del LL cuando no se deja reposar

el suelo. Así mismo se puede ver que no es suficiente con dejar reposar al suelo seis horas, ya que para este tiempo de reposo los valores de LL siguen siendo mayores que los valores de referencia. Lo anterior se debe a que los valores de LL dependen de que la humedad en el suelo sea uniforme y, como es bien sabido, la arcilla al tener una permeabilidad baja [1]

necesita de mucho tiempo para de 48 horas proporciona valores homogenizar la humedad en toda la prácticamente iguales a los de referencia. muestra. Por su parte, el tiempo de reposo

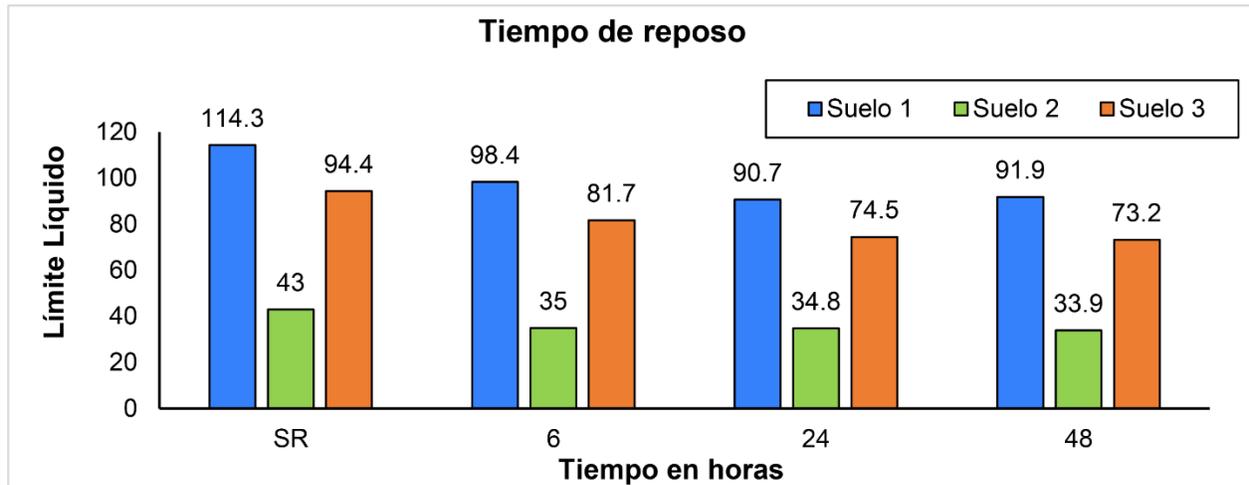


Figura 5. Resultados de los ensayos de Límite Líquido variando el tiempo de reposo.

Este mismo comportamiento se observó en el suelo 3 (limo de alta compresibilidad). Analizando el comportamiento del suelo 2 (limo de baja compresibilidad) se puede observar que para este suelo solo las muestras que no se dejaron reposar exhiben valores distintos a los de referencia. Lo que quiere decir que, para este tipo de suelo basta con dejarlo reposar al menos 6 horas para obtener valores del LL

prácticamente iguales a los de referencia (reposo de 24 horas).

CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de utilizar distintos tipos de secado del suelo y de tiempos de reposo en la determinación de los valores del LL en tres tipos de suelo. Los resultados experimentales permitieron concluir lo siguiente:

- Para los tres tipos de suelos estudiados, secar las muestras de suelo en el horno a una temperatura de 60° C genera valores muy similares a los exhibidos por las muestras secadas al aire (como lo indica la norma),
- No es recomendable secar las muestras de suelo a 100 °C debido a que este método genera muchas alteraciones en el suelo, especialmente en los suelos que a simple vista poseen alta plasticidad (compresibilidad),
- Para los suelos con evidente alta plasticidad es indispensable dejar reposar las muestras por lo menos 24 horas antes de realizar el ensayo de LL. Si se excede este tiempo no existen efectos negativos (siempre que se proteja a las muestras de la evaporación de agua),
- Para los suelos que poseen a simple vista valores bajos de plasticidad basta con dejar reposar las muestra al menos seis horas antes de realizar el ensayo,
- No se recomienda realizar el ensayo del LL en suelos a los que no se ha sometido a un periodo de reposo previo, debido a que la falta de éste ocasiona variaciones importantes con respecto a los valores obtenidos con el procedimiento señalado en la norma.

REFERENCIAS

- [1] E. Juárez-Badillo and A. Rico-Rodríguez, *Mecánica de Suelos. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Tomo 1*. 2005.
- [2] J. C. Tique Zapata, R. S. Mora Ortiz, S. A. Díaz Alvarado, and F. Magaña Hernández, "Comparación del rendimiento de dos agentes químicos en la estabilización de un suelo arcilloso," *Rev. Espac. I+D Innovación más Desarro.*, vol. VIII, no. 20, pp. 55–68, Jun. 2019, doi: 10.31644/IMASD.20.2019.a03.

- [3] R. Ávila Mondragón, R. S. Mora Ortiz, F. Magaña Hernández, and S. A. Díaz Alvarado, “Análisis del efecto del humedecimiento en la estabilidad de un bordo del Río Grijalva, en el estado de Tabasco,” *Rev. Espac. I+D Innovación más Desarro.*, vol. 8, no. 21, pp. 63–75, Oct. 2019, doi: 10.31644/IMASD.21.2019.a04.

- [4] B. M. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta. 2015.

- [5] M. M. 1.07/07., “Métodos de Muestreo y Pruebas de Materiales. Suelos y materiales para terracerías. Límites de Consistencia,” *Secr. Comun. y Transp. SCT*, 2007.

- [6] T. Olinic and E. Olinic, “The Effect of Quicklime Stabilization on Soil Properties,” *Agric. Agric. Sci. Procedia*, vol. 10, pp. 444–451, 2016, doi: 10.1016/j.aaspro.2016.09.013.