

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS
CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO EN FUNCIÓN
DE LA VEGETACIÓN**

PRESENTA

Luis Eduardo Cadengo López

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA
CIVIL CON ESPECIALIDAD EN AMBIENTAL**

TUTORA

M. en Ing. Ma. Guadalupe Lira Peralta

CO-TUTOR

M. en C. Norma González Cervantes

COMITÉ TUTORIAL

M. en Ing. María de Jesús Rodríguez López

Aguascalientes, Ags., julio de 2021

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Dr. EN C.T.C. HÉCTOR HOMERO POSADA ÁVILA
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTE

Por medio del presente como **Miembros del Comité Tutorial** designado del estudiante **LUIS EDUARDO CADENGO LÓPEZ** con **ID 175958** quien realizó *la tesis* titulado: **CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LA VEGETACIÓN**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia damos nuestro consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que nos permitimos emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda proceder a imprimirlo así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Ponemos lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 21 de junio de 2021.



M. en Ing. Ma. Guadalupe Lira Peralta

Tutor de tesis



M. en C. Norma González Cervantes

Co-Tutor de tesis



M. en Ing. María de Jesús Rodríguez López

Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 21/06/2021

NOMBRE: Luis Eduardo Cadengo López ID 175958

PROGRAMA: MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL LGAC (del postgrado): APLICACIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN PROYECTOS DE INFILTRACIÓN

TIPO DE TRABAJO: () Tesis () Trabajo Práctico

TÍTULO: _____

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): Creo un antecedente de que estas zonas con vegetación xerófila tienen potencial de recarga, por lo cual es importante preservarlas para así combatir el déficit de agua debido a la extracción desmedida de los mantos acuíferos

INDICAR	SI	NO	N.A. (NO APLICA)	SEGÚN CORRESPONDA:
Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
El egresado cumple con lo siguiente:				
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, profesoral, etc)
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Cuenta con los votos probatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
N.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Coincide con el título y objetivo registrado
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene el CVU del Consejo actualizado
NO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)
En caso de Tesis por artículos científicos publicados				
N.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Aceptación o publicación de los artículos según el nivel del programa
N.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	El estudiante es el primer autor
N.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
N.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
N.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
N.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado: SI
No

FIRMAS

Elaboró:

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN: DR. MARIO EDUARDO ZERMENO SELEÓN

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO: DR. MANUEL HERNÁNDEZ MARÍN

* En caso de conflicto de intereses, deberá ser reemplazado del RAB de la LGAC correspondiente dentro el tutor o miembros del comité tutorial, designado por el Decano

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO: DR. ALEJANDRO BOSTA COLLAZO

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO: DR. EN C. T. C. HÉCTOR HOMERO POSADA ÁVILA

Nota: procede al trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado
 En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala sobre los funciones del Consejo Académico: ... Con la eficacia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, Brasa el cumplimiento de los alumnos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes, por nuevamente abrirme sus puertas para poder continuar con mi formación académica, de igual manera a CONACyT, por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto de investigación.

A mi tutor la M. en Ing. Ma. Guadalupe Lira Peralta por su dedicación, empeño y todo el apoyo incondicional brindado para la realización de este proyecto, a la M. en C. Norma González Cervantes por todos sus consejos, la constancia, dedicación y ánimos brindados, ya que ella fue mi principal apoyo, sin el cual este proyecto no se hubiera culminado, y a la M. en Ing. María de Jesús Rodríguez López por su orientación la cual encamino a mejorar este proyecto de investigación.

A COVARO por todo el apoyo brindado, especialmente agradezco al Ing. Armando Valdez Rodríguez, al Ing. Cesar Valdez López y a mi amiga Mónica Cecilia Valdez Rodríguez.

A mis amigos del área de ambiental, porque vivir esta experiencia con ellos fue lo mejor, así como a mis amigos de las áreas de Construcción y Estructuras. En especial agradezco a mis amigos de la maestría Christian, Fanny, Jorge, Ramon, Flores, Karla, Emilio, Julio y Eddilton, por siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas.

De igual forma, agradezco a mis amigos Beto, Udave, Alex, Viri, Fany, Mony, Faby, Yoce, Fabian, Diana, Yanis y Dulce, por siempre apoyarme y alentarme a continuar con el proyecto hasta terminar. Pero en especial quiero agradecer a mis amigos Irving, Osiel y a mi Amix Tere, por siempre estar conmigo, apoyarme, guiarme y tranquilizarme en los momentos más difíciles, **pues ustedes son lo mejor que me quedo del mi paso por la universidad.**

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Por último, agradezco a mis padres Luis Manuel y Maricela, por siempre estar a mi lado y por todo el apoyo incondicional, que me hace creer que todo lo puedo lograr, a mi hermano Fernando siempre fue y será mi modelo a seguir, a mi hermana Yessica que siempre me ha enseñado a ser fuerte y a nunca rendirme, a mi hermano Kevin que siempre ha caminado junto a mí un gran amigo y compañero, a mi hermana Juliette por todo el amor y cariño que me da día con día y por último pero no menos importante a mi tía Raquel por siempre estar para mí, por ser mi apoyo y mi guía en cada paso que doy en mi vida.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón, a mis padres Luis Manuel Cadengo López y Maricela Lopez Vazquez, así como a mis hermanos Luis Fernando Cadengo López, Yessica Maricela Cadengo López, Kevin Alexis Cadengo López y Amaris Juliette Cadengo López, este proyecto de investigación, ya que en el dejo lo mejor de mí, todo mi esfuerzo y dedicación el cual lo hace ta especial e importante para mí, como lo son todos ustedes.



ÍNDICE

Contenido

Resumen	5
Abstract.....	6
CAPÍTULO 1. Generalidades.....	7
1.1. Introducción.....	7
1.2. Justificación.....	10
1.3. Objetivo general	12
1.4. Objetivos específicos.....	12
1.5. Pregunta de investigación.....	12
1.6. Hipótesis	13
CAPÍTULO 2. Estado del Arte.....	14
CAPÍTULO 3. Marco Teórico.....	20
3.1. Infiltración	20
3.2. Vegetación	21
3.3. Suelo	22
3.4. Propiedades físicas.....	23
3.4.1. Permeabilidad	23
3.4.2. Textura.....	23
3.5. Propiedades Químicas	24
3.5.1. Materia Orgánica	24
CAPÍTULO 4. Marco Referencial.....	25
4.1. Ubicación del área de estudio	25
4.2. Descripción del área de estudio	26
4.3. Vegetación	26
4.4. Relieve	27

4.5. Hidrología	28
CAPÍTULO 5. Marco Metodológico.....	28
5.1. Clasificación de suelos basado en criterios de granulometría	28
5.2. Método del gravímetro para partículas finas	32
5.3. Cobertura vegetal.....	33
5.4. Densidad de vegetación	33
5.5. Porosidad	34
5.6. Conductividad hidráulica saturada de campo	35
CAPÍTULO 6. Metodología Aplicada.....	38
6.1. Zonas de muestreo	38
6.2. Granulometría de suelos	39
6.3. Texturas	43
6.4. Porosidad	47
6.5. Conductividad hidráulica saturada de campo	49
6.6. Análisis estadístico	51
Regresión lineal múltiple.....	51
CAPÍTULO 7. Resultados	57
CAPÍTULO 8. Discusión.....	73
CAPÍTULO 9. Conclusiones	76
CAPÍTULO 10. Referencias.....	78
CAPÍTULO 11. Anexos	85
Anexo A. Tablas de análisis granulométrico.....	85
Anexo B. Tablas de análisis de porosidad.....	125
Anexo C. Tablas de análisis hidrométrico.....	132
Anexo D. Tablas de análisis de conductividad hidráulica saturada de campo.	172

Anexo E. Pruebas de Normalidad Análisis Estadístico. 180

Anexo F. Transformación Box Cox para Normalización de Datos Análisis Estadístico..... 184

Anexo G. Pruebas de Normalidad Transformada Análisis Estadístico. 187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las zonas de estudio (La Mezquitera y Bosque de Cobos) mapa a la izquierda puntos verde y rojo, respectivamente. Así mismo se indican los puntos donde se extrajeron las muestras de suelo que se analizaron para La Mezquitera (mapa a la derecha arriba), y se indica el área de las parcelas en círculos rojo y verde que se analizaron tanto en el trabajo de Floriano-González X. A., (2020) y este estudio. Sistema de coordenadas: UTM (m), WGS84, Zona13 Norte. 25

Figura 2:Determinación del valor C..... 36

Figura 3. Gráfica del cambio de la densidad a través del tiempo de la muestra 27 parcela 06. 47

Figura 4: Prueba de normalidad de la variable dependiente Velocidad de Infiltración. Dónde Dsv.Est significa Desviación estándar, N significa número de datos y AD significa estadístico de Anderson-Darling. 53

Figura 5:Transformación Box Cox para normalización de datos. Dónde LC significa Limite de Confianza. 55

Figura 6: Prueba de normalidad de la variable dependiente Velocidad de Infiltración con los datos transformados. Dónde Dsv.Est significa Desviación estándar, N significa número de datos y AD significa estadístico de Anderson-Darling. 56

Figura 7: Gráficas de residuos cuatro en uno para velocidad de infiltración de ambas zonas de estudio..... 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tras de Infiltración para diferentes texturas de suelos. 24

Tabla 2: Clasificación granulométrica basada en una proporción de Kopercky..... 29

Tabla 3. Valores de α^* sugeridos según la categoría de medio poroso. 37

Tabla 4. Ejemplo de cálculo del porcentaje de materia orgánica eliminada. 44

Tabla 5. Lecturas del hidrómetro de la muestra 27 de la parcela 06. 45

Tabla 6. Tabla de lectura y cálculos requeridos para textura de la muestra 27 parcela 06.. 46

Tabla 7: Valores Comunes de λ y sus transformaciones. 54

Tabla 8: Clase Textural de los suelos según triángulo de texturas, parcelas abiertas del Bosque de Cobos. 57

Tabla 9: Velocidades de Infiltración de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos..... 58

Tabla 10: Porcentajes de porosidad de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos. 59

Tabla 11: Densidades de vegetación de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos..... 60

Tabla 12: Cobertura vegetal de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos..... 60

Tabla 13: Porcentaje de materia orgánica de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos... 61

Tabla 14: Clase Textural de los suelos según triángulo de texturas, parcelas cerradas del Bosque de Cobos. 62

Tabla 15: Velocidades de Infiltración de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos..... 63

Tabla 16: Porcentajes de porosidad de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos. 64

Tabla 17: Densidades de vegetación de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos..... 65

Tabla 18: Cobertura vegetal de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos..... 65

Tabla 19: Porcentaje de materia orgánica de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos.. 66

Tabla 20: Clase Textural de los suelos según triángulo de texturas, de La Mezquitera..... 67

Tabla 21: Velocidades de Infiltración de La Mezquitera. 67

Tabla 22: Porcentajes de porosidad de La Mezquitera..... 68

Tabla 23: Densidades de vegetación de La Mezquitera. 68

Tabla 24: Cobertura vegetal de La Mezquitera. 69

Tabla 25: Porcentaje de materia orgánica de La Mezquitera. 69

Tabla 26: Tabla de coeficientes. Dónde Coef significa coeficiente de β , EE significa error estándar, T que es un valor que mide relación entre el coeficiente y su error estándar, p es un valor de probabilidad que nos indica que factores contribuyen al modelo y finalmente FIV significa factor de inflación de la varianza. 72

Tabla 27: Resumen del modelo. 72

Resumen

En este estudio se analiza la capacidad de infiltración del suelo en función de la vegetación y el área, teniendo como objetivo la evaluación de zonas de recarga natural, afectadas por la deforestación generada por la necesidad de infraestructura urbana. Las zonas de estudio se ubican en “El Bosque de Cobos” ubicado al sureste de Aguascalientes; así como el predio “La Mezquitera” el cual se ubica dentro del campus de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Ambas zonas de estudio fueron seleccionadas como resultado de la observación de la vegetación encontradas en ambas; pues en su mayoría, contienen matorral xerófilo, el cual, es nativo de Aguascalientes. La metodología utilizada para determinar la capacidad de infiltración de agua se basó en la realización de un estudio de suelo, así como la caracterización a detalle de las condiciones de infiltración utilizando el permeámetro de campo de carga constante. Dentro de las determinaciones de las propiedades físicas de suelo, se pueden mencionar la porosidad del suelo, la granulometría y textura (granulometría de finos), y propiamente la permeabilidad del suelo. Mientras que, para determinar la potencial correlación entre los parámetros involucrados, se ejecutó un análisis estadístico. Como resultados se encontró que el incremento la cobertura vegetal está directamente relacionada con la velocidad de infiltración, mientras que con una abundante densidad de vegetación la velocidad de infiltración se reduce. Por otro lado, el clima, la vegetación y la permeabilidad del suelo son tres factores principales para que una zona tenga un óptimo aprovechamiento de los recursos hídricos, es decir que son determinantes en el proceso de infiltración.

Abstract

This study analyzes the infiltration capacity of the soil depending on the vegetation and the area, with the objective of evaluating natural recharge zones, affected by deforestation generated by the need for urban infrastructure. The study areas are located in “El Bosque de Cobos” located southeast of Aguascalientes; as well as the property "La Mezquitera" which is located within the campus of the Autonomous University of Aguascalientes. Both study areas were selected as a result of observing the vegetation found in both; since, for the most part, they contain xerophilous scrub, which is native to Aguascalientes. The methodology used to determine the water infiltration capacity was based on conducting a soil study, as well as the detailed characterization of the infiltration conditions using the constant-head field permeameter. Within the determinations of the physical properties of the soil, it can be mentioned the porosity of the soil, the granulometry and texture (fine granulometry), and the permeability of the soil itself. While to determine the potential correlation between the parameters involved, a statistical analysis was performed. As results, it was found that the increase in vegetation cover is directly related to the infiltration speed, while with an abundant vegetation density the infiltration speed is reduced. On the other hand, the climate, the vegetation and the permeability of the soil are three main factors for an area to have an optimal use of water resources, that is, they are decisive in the infiltration process.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

CAPÍTULO 1. Generalidades

1.1. Introducción

Derivado por el alto crecimiento poblacional en el estado de Aguascalientes; la necesidad de realizar acciones de conservación de recursos naturales, en particular del cuidado del agua superficial y subterránea, se incrementa. En ese contexto, se presenta físicamente una crisis de sobre-explotación de agua subterránea, como resultado se extrae más agua de la que se recarga; según estudio presentado por el (INEGI, 2015). Lo que nos lleva a actuar en consecuencia; buscando revertir con todos los recursos humanos, tecnológicos y científicos una situación que llegara a presentarse como irreversible. La disponibilidad de agua mediante lluvias según los datos de las estaciones climatológicas para la zona urbana y periurbana de Aguascalientes corresponde en temporada de lluvia (junio – octubre) un promedio de lluvia total mensual de 91.41 mm y 92.03 mm respectivamente mientras que en temporada de sequía (enero - mayo y noviembre – diciembre) se tiene una lluvia total mensual promedio de 11.04 mm y 12.91mm (CONAGUA, 2021), siempre siendo mayor en Bosque de Cobos.

Para la ciudad de Aguascalientes los factores que representan una mayor facilidad de enfoque por su alta recurrencia son la hidráulica, cambios en el uso del suelo provocados por la deforestación, y las prácticas agrícolas, los cuales directamente atacan a la reducción de la sobre explotación del agua y mantos acuíferos. Esto en acuerdo al informe de (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015).

El cambio de suelo para la construcción en nuestro caso por el desmonte, “limpieza”, descapote, etc., genera una alteración en los suelos (*Green Building Digest* en Sattler, 2003, Teixeira, 2016) y la vegetación se ve impactada, debido a que mueren árboles y por consecuencia, su número se reduce sustancialmente, existe daño o pérdida de las raíces. Al alterarse la vegetación se genera erosión, los suelos se ven compactados y existe degradación hídrica (Teixeira, 2016). Además, cuándo se realizan construcciones se suele pavimentar con concreto hidráulico no permeable por lo que toda el agua de lluvia que cae sobre él se escurre

evitando la recarga de agua al suelo (Duran-Herrera, 1998). La industria de la construcción tiende a restaurar o a remediar, sin embargo, son raras las veces que se consideran ambas opciones (Saval B., 1998).

El ecosistema en zonas áridas y semiáridas como en el estado de Aguascalientes es fácil de perturbar, ya que su frágil constitución se verá afectada por eventos naturales como precipitación, tipo de suelo, geología, vegetación y por eventos antropogénicos como construcción de edificios, presas y bordos, este último, por lo general resulta en desertificación, pérdida de fertilidad del suelo y cambios en la distribución de vegetación y la disponibilidad de agua (Rango , *et. al.*, 2006).

El suelo está conformado por minerales y orgánicos, vacíos, líquidos y gases, sobre la superficie terrestre, que además vienen dispuestos en horizontes o capas que se diferencian entre sí (Van-Konijnenburg, 2006). Así mismo, estos horizontes o capas provienen del intemperismo físico o químico de las rocas, con cierta cantidad de materia orgánica (provocada por organismos autótrofos) que permite el desarrollo de la cobertura vegetal (Crespo, 2004). La cobertura vegetal protege al suelo de la erosión y ayuda a la capacidad de infiltración (Osuna y Esquivel, 1996). Un ejemplo de esto es el estudio que se realizó en la sierra de Ventania, Argentina donde se comprobó que después de un evento pluvial en una zona lomada con una buena cobertura vegetal se presentó un efecto superador en cuanto a su capacidad de infiltración y al contrario, se tiene que el agua que precipita en suelos con poca vegetación escurre con mucha velocidad dejando muy poco tiempo para que esta se infiltre en los suelos (Delgado, *et al.*, 2017). Además, tener una mayor cobertura vegetal deja muy poco espacio sin sombra, lo que provoca que el agua no se evapora tan rápido y más cantidad de agua se puede infiltrar en el suelo (Delgado, *et al.*, 2017).

Cuando un ecosistema es parcialmente alterado o remplazado, los procesos y servicios ecológicos que ofrecen son seriamente afectados, iniciando un fenómeno conocido como degradación ambiental, en donde, la biodiversidad y la calidad del suelo son los elementos más impactados por estos cambios (Sánchez, 2007). El suelo es uno de los receptores primarios de los impactos ambientales provocado por la excesiva extracción de

plantas (Rodríguez *et al.*, 2018), lo anterior provoca que se desequilibren varios procesos ecológicos, como la retención del agua en el subsuelo, pues al disminuir la cobertura vegetal, la cual protege el suelo, se reduce la capacidad de infiltración de agua de lluvia y se aumentan las tasas de escurrimiento (Rodríguez, *et al.*, 2018).

La cobertura vegetal en la zona periurbana de la ciudad de Aguascalientes llamada “Bosque de Cobos”, está compuesta por matorral espinoso *crasicaule* (Siqueiros *et al.*, 2017 e IMPLAN, 2007 en Floriano-González X. A., 2020), la dominancia en el área de estudio está conformada en mayor medida leguminosas (91%) y en menor medida por nopales altos (9%) (Floriano-González X. A., 2020), mientras que en la zona urbana “La Mezquitera” está compuesta por especies nativas (mezquites y huizaches), algunas exóticas (pirules) y una gran cantidad de cactáceas (Esparza-Esparza, 2019).

A pesar de que en la zona de Bosque de Cobos es un área natural protegida, se considera que tiene mucha vegetación y que esta no está alterada, pero la realidad es muy diferente; ya que podemos encontrar espacios con poca vegetación y lugares donde esta fue alterada, por otro lado, la zona de La Mezquitera presenta una mayor cantidad de vegetación, pero cabe destacar que no toda es autóctona como es el caso de Bosque de Cobos.

En suma, la vegetación es un recurso indispensable para las funciones biológicas, químicas y físicas de los suelos y, por ende; para los seres vivos, razón por la cual, existe una interacción positiva con las propiedades del suelo, una de ellas es la capacidad de infiltración (Ríos-Sánchez, *et al.*, 2021). El agua y los gases que se encuentran en el suelo son partes mutuamente excluyentes y complementarias que están asociadas a la porosidad del suelo, además las características propias del suelo influyen fuertemente en la eficiencia de la infiltración, este es un proceso muy importante en el ciclo hidrológico en su fase edáfica, por lo cual durante una precipitación e inmediatamente posterior a ella, el agua de lluvia que llega a la superficie terrestre se infiltra a una velocidad máxima que depende de las características del suelo y al grado de saturación de éste, una vez que esta precipitación supera dicha velocidad máxima, el agua de lluvia queda sobre la superficie y contribuye a la

escorrentía (Mena, 2018). Así, tanto en la infiltración como en el escurrimiento la vegetación presente en dicho suelo juega un rol importante (Mena, 2018).

Así mismo, los estudios de filtración de agua con respecto a la vegetación en las zonas de Bosque de Cobos y La Mezquitera nos han señalado que la vegetación favorece a una infiltración constante y en ocasiones rápida (Floriano-González X. A., 2020) y que al acercarse a los troncos de la vegetación muchas veces el agua se filtra más rápido probablemente por permeabilidad secundaria (Esparza-Esparza, 2019), Con base en estos antecedentes, es preciso hacer un estudio a detalle para conocer no solamente la relación que existe entre la capacidad de infiltración del suelo con el tipo de vegetación que se encuentre en su entorno, sino que, es necesario hacer una comparación entre estas dos zonas: una zona protegida como lo es Bosque de Cobos, la cual cuenta probablemente con una franja que fue remediada al colocarse líneas eléctricas y una zona restaurada como lo es La Mezquitera. La presente investigación plantea la aplicación de un análisis cuantitativo y comparativo de la infiltración, la vegetación y las características del suelo entre ambas zonas, para encontrar una relación que permita resaltar la importancia de preservar la vegetación nativa del lugar y/o dejar espacios en las construcciones para remediación y restauración y así conservar las características de capacidad de infiltración según las condiciones del clima y condiciones meteorológicas.

1.2. Justificación

En la actualidad, se está presentando la transformación del uso de suelo en las grandes velocidades y en sus zonas periferias (periurbanas), eliminando la vegetación establecida de manera natural que ha formado parte del ecosistema del territorio por años (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021), y en ocasiones sin poner una remediación acorde a la zona y que no ayudan a mejorar la capacidad de infiltración de los suelos (Ríos-Sánchez, *et. al.*, 2021) Estas zonas son cada vez más invadidas, y son vitales para la regulación climática del ciclo hidrológico (Sánchez, 2007).

Todo lo anterior abre un área de oportunidad para la presentación de esta investigación en las zonas con potencial de recarga de agua, lo cual de aplicarse de manera continua minimizará a la par la constante expansión urbana y la alteración del suelo debido al cambio de especies vegetales nativas por especies vegetales domesticadas en el municipio de Aguascalientes.

La problemática que se aborda en esta investigación comienza por la invasión de zonas con potencial de recarga de agua, ya que se presenta una constante expansión urbana y con ello una alteración del suelo debido al cambio de especies vegetales nativas por especies vegetales domesticadas en el municipio de Aguascalientes. La conservación de la vegetación es ineludible para la calidad de los suelos y por ende una interacción positiva con las propiedades del suelo, una de ellas la capacidad de infiltración (Secretaría del Agua y Obra Pública, 2009).

Aguascalientes por sus condiciones geográficas y climatológicas se encuentra en una zona muy desfavorable para la obtención de agua, al poseer un clima semiárido las fuentes superficiales son escasas, por lo cual, se recurre al agua subterránea como la principal fuente para obtener el recurso (INEGI, 1993). Aunado a ello, tenemos la sobrepoblación y el constante crecimiento de las zonas urbanas que demandan una mayor cantidad del vital líquido, lo que resulta en sobreexplotación del agua subterránea.

Esta investigación busca priorizar la relación que existen entre la capacidad de infiltración del suelo con la vegetación de dos zona remediadas y restauradas y de esta manera crear el antecedente de cuál de estas zonas tienen mayor potencial de recarga, lo cual ayudará a que disminuya el déficit de recarga de agua debido a la extracción desmedida de los mantos acuíferos.

Con fundamento en lo anterior, esta investigación se enfoca en el análisis comparativo entre el tipo de vegetación y la capacidad de infiltración de agua en el suelo, para ello, se utilizan dos zonas en Aguascalientes: una zona periurbana con vegetación autóctona probablemente parcialmente remediada y otra urbana con vegetación mixta restaurada

(Bosque de Cobos), y otra urbana con vegetación mixta restaurada dentro del campus de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (La Mezquitera). Actualmente no se cuenta con estudios de este tipo, que nos permitan conocer el impacto de la alteración humana como por ejemplo la industria de la construcción, en la capacidad de infiltración de agua del suelo, ya sea que se deje sin restauración o con restauración híbrida. Lo más importante de este trabajo es aportar conocimientos fundamentados en el entendimiento de las zonas de infiltración y su potencial de recarga de acuíferos, siendo este, otro aspecto a favor de mantener zonas protegidas de futuros desarrollos urbanos.

1.3. Objetivo general

El objetivo de este proyecto es determinar la capacidad de infiltración de agua en suelos con vegetación autóctona y mixta y hacer un análisis cuantitativo y comparativo de una zona periurbana con vegetación autóctona parcialmente remediada y otra urbana con vegetación mixta restaurada.

1.4. Objetivos específicos

- Caracterizar las condiciones de infiltración, porosidad y permeabilidad del suelo en dos zonas (Bosque de Cobos y La Mezquitera).
- Establecer la relación entre la vegetación y capacidad de infiltración del suelo a partir de las condiciones de las zonas de estudios.

1.5. Pregunta de investigación

¿Qué tan importante es el matorral autóctono y mixto de dos puntos adyacentes de la ciudad de Aguascalientes en las condiciones físicas del suelo y en su potencial de infiltración?

1.6. Hipótesis

La vegetación nativa, así como las condiciones del suelo, son determinantes en el proceso de infiltración, que a su vez puede favorecer la recarga de aguas subterráneas.



CAPÍTULO 2. Estado del Arte

En climas semiáridos como en el estado de Aguascalientes, la importancia vegetación nativa se ve reflejada en la regulación de nutrientes, polinización, control biológico, hábitat, refugio y criadero de especies endémicas, entre otros (BIODIVERSIDAD MEXICANA, 2021). Por otro lado, la recarga de agua subterránea ocurre posterior al ingreso del agua meteórica (la lluvia, el rocío, el granizo, la nieve y la escarcha) en la zona del suelo, ésta, al cruzar la capa freática, aumenta el nivel de agua almacenada en el acuífero (Rockhol, *et al.*, 1995). Existen zonas preferenciales para esta recarga ocurra de manera natural, proceso que dependerá de la capacidad de infiltración de los suelos y/o rocas, así como de la vegetación (Bhark y Small , 2003). En ese aspecto, en el 2018 Yang, entre otros, encontraron que la relación entre el contenido de agua en el suelo y la cobertura vegetal van de la mano de acuerdo con las estaciones, en donde, el efecto de la vegetación en el almacenamiento de agua en el suelo es mayor en la estación seca que en la húmeda (suponiendo que no exista degradación en la vegetación), afirmado con base a su investigación, además de que la cubierta vegetal y el agua en el suelo se correlacionan positivamente a una profundidad del suelo de 20 a 140 cm.

En las zonas semiáridas la recarga de agua es mayor en tiempo de lluvias que en tiempo de sequias, puesto que en tiempo de sequias toda el agua precipitada es tomada por la vegetación para seguir viviendo y seguir manteniendo los servicios hídrico-ambientales que ofrecen al ecosistema (Bardosa M. , *et al.*, 2016), dejando que muy poca agua se recargue los mantos acuíferos. En el ambiente árido y semiárido la disponibilidad de agua en el suelo es el factor que controla la productividad y la reproducción de las plantas (Bhark y Small , 2003),

Se han observado grandes diferencias en el ciclo del agua entre el ambiente árido y semiárido: en primer lugar, la lluvia intensificada en espacios grandes de matorrales reduce la capacidad de infiltración; en segundo lugar, se observa más escurrimiento en los matorrales, aumentando la erosión del suelo y exponiendo los suelos en la superficie, por ende menos permeable; en tercer lugar; se ha observado que existe una diferencia en la

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

humedad del suelo entre estas dos zonas, puesto que en zonas áridas la capacidad de retención de agua en el suelo es baja a diferencia de la zonas semiáridas en las cuales la vegetación retiene agua y el suelo representa mayor permeabilidad que beneficia la productividad y existencia de plantas y mantos acuíferos (Bhark y Small , 2003).

En las zonas de estudio “La Mezquitera, se ha registrado como lluvia total mensual en temporada de sequía, abarcando el periodo del mes de enero al mes de mayo y de noviembre a diciembre se tiene una lluvia total mensual promedio de 11.04 mm, En temporada de lluvias de periodo del mes de junio al mes de octubre un promedio de 91.41. En la zona protegida “Bosque de Cobos” en temporada de sequía, abarcando el periodo del mes de enero al mes de mayo y de noviembre a diciembre se registró una precipitación de 12.91mm. En temporada de lluvias de periodo del mes de junio al mes de octubre un y 92.03 mm, (CONAGUA, 2021). Es decir, la captación y la disponibilidad de agua de lluvias se presentó mayor en Bosque de Cobos.

Con respecto a la interacción de la vegetación y los suelos para la aumentar la capacidad de recarga de agua se reconoce que la estructura y la distribución de la vegetación repercuten en la acumulación del agua superficial, el tallo y la distribución de las plantas influyen en la trayectoria del flujo terrestre (García-Fayos, 2004). El tipo de especie vegetal, la cobertura del área y la estructura del área, afectan el volumen de agua que puede perderse en la atmósfera (evaporación y transpiración), la cual influye en la humedad que permanece en el suelo, lo que posteriormente repercute en la tasa de infiltración y la cantidad de escorrentía superficial generada (Rango A., *et al.*, 2006). También se conoce que los viejos canales de las raíces de la vegetación (permeabilidad secundaria) y otros macroporos pueden causar un aumento de la infiltración, creando grandes huecos que trasportan el agua desde la superficie de una manera más rápida que los procesos normales de infiltración y percolación, (Bronson, *et al.*, 1981).

Las plantas interceptan la precipitación, reduciendo la energía de impacto de las gotas de lluvia y por lo tanto reduciendo también la compactación de la superficie del suelo, evitando así la escorrentía de las grandes cantidades de agua, necesarias para la recarga

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

natural y la tasa de infiltración es mayor bajo las copas de las plantas, lo que permite que más agua ingrese al suelo directamente (Schlesinger, *et al.*, 1999).

En comparación con los espacios naturales ricos en vegetación y los espacios sin vegetación, estos últimos presenten temperaturas mayores, provocando la evaporación de agua, que a su vez genera cambios en el tiempo de duración de la humedad en el suelo, puesto que, al disminuir la cubierta vegetal, que actúa como protección para el suelo, también disminuye la capacidad de infiltración, así como de retención de agua de lluvia, aumentando el escurrimiento y la disposición del flujo, por otro lado tanto en los pastizales como en los matorrales, la infiltración suele ser mayor debajo de las copas de las plantas que debajo de ellas, pues la superficie para infiltrar es mayor (FAO, 2021). En el suelo, el matorral coadyuva a la proporción de infiltración entre el dosel y el espacio interior aumentando a medida que el volumen precipitado se acrecenta; y por lo tanto, la humedad en el suelo con el apoyo de los matorrales es más heterogénea, además de que se puede observar que hay más escorrentía. La lluvia intensificada en espacios grandes de matorrales reduce la capacidad de infiltración ya que se encuentra desprotegida por la ausencia de dosel (Bhark y Small, 2003; Rango A., *et al.*, 2006).

En el estado de Aguascalientes, el 68 % del territorio es arido o semiarido, otro 28 % es tropical y el restante 23% es templado, y lo mismo sucede con el 48.3% de la superficie total de México (DESDELARED, 2021).

Con respecto al tipo de suelo, se conoce que las características de porosidad y permeabilidad primaria o secundaria que poseen influyen en la capacidad de infiltración pudiendo ser que un tipo de suelo se sature y provoque escorrentía, aumentando su erosión o que con características permeables contribuyen a la recarga de agua subterránea (Mena, 2018).

Ahora bien, la capacidad de recarga de agua en una zona urbana y periurbana se ve disminuida por diferentes factores, el cambio en el uso del suelo, el cual provoca una degradación de la cubierta vegetal original (SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

2021), la degradación del suelo consecuente a construcciones sin consideración de la conservación y/o cuidado de los mantos acuíferos, realizando trabajos de desmonte, despalme y la construcción de superficies impermeables de concreto (Teixeira, 2016; Igaramo, et. al., 2007; Almorex A., et al., 2010).

A lo anterior se adiciona en algunas ocasiones restauración o remediación, dónde la restauración se refiere cuándo se planta algún tipo de vegetación autóctona, alóctona o mixta sin eliminar o destruir los contaminantes, en el caso de la industria de la construcción muchas veces solo se coloca los residuos de excavaciones sobre los desechos sólidos y se planta (Saval B., 1998), por otro lado la remediación se refiere a las acciones necesarias para realizar la limpieza de algún contaminante esto sin devolver las funciones biológicas dañadas por el derrame del contaminante (Saval B., 1998).

Si bien se desconocen los porcentajes de degradación del suelo y de cobertura vegetal en las áreas de estudio, se sabe que en el 5 de junio de 2019 en el periódico oficial del estado de Aguascalientes se publicó el decreto de establecimiento de área natural protegida estatal en la categoría de área de gestión de hábitat de especies, denominada “ÁREA NATURAL PROTEGIDA BOSQUE DE COBOS-PARGA” como remediación para evitar el cambio del uso de suelo y así detener la construcción del fraccionamiento Los Cobos (DOF, 2019).

En el estado de Aguascalientes la vegetación primaria consta de bosques, pastizales, mezquiales, matorrales y selva baja caducifolia (INEGI, 2020). Estudios sobre la capacidad de recarga de agua en función de la vegetación se han llevado a cabo tanto en La Mezquitera y en Bosque de Cobos, los resultados indican que en Bosque de Cobos existe una vegetación de matorral espinoso *crasicaule* la cual mantiene su composición original (Siqueiros D, et. al., 2017 e IMPLAN, 2007 en Floriano-González X. A., 2020), donde predominan leguminosas como la *Prosopis leviagata* y *Acacia Farnesiana* (91%) y algunas otras especies arbustivas como *Baccharis Salicifolia* y *Mimosa Monancistra* y en menor medida nopales como la *Opuntia Streptacantha* y *Opuntia Robusta* y que los lugares con suficiente densidad de vegetación permiten que los suelos tengan velocidades de infiltración constantes, mientras

que, si hay una menor cobertura de vegetación la infiltración es inconstante y más rápida (Floriano-González X. A., 2020).

La Mezquitera es un desarrollo construido por la misma Universidad Autónoma de Aguascalientes para uso de la comunidad universitaria, en este desarrollo se respetan las especies vegetales que se encuentran en ella, las cuales constantemente son podadas para mantener un ambiente controlado entre la comunidad universitaria y la naturaleza. Cabe destacar que esta zona se mantiene en constante riego para mantener la reproducción de las especies vegetales y preservar los servicios ecológicos que esta ofrece. La Mezquitera está conformada por especies nativas y otras exóticas, por ejemplo, los mezquites y huizaches que son especies nativas, y pirules que es una especie exótica y una gran cantidad de cactáceas (Esparza-Esparza, 2019). De acuerdo con el trabajo de Esparza-Esparza (2019), la tasa de infiltración es mayor en zonas aledañas a las especies arbóreas como el mezquite y que en especies como el huizache y el pirul es menor, además, la tasa de infiltración promedio en La Mezquitera de la Universidad Autónoma de Aguascalientes es de 19.58 mm/min.

Se ha reconocido que los arbustos *Prosopis laevigata* (mezquites) que actúan como planta nodriza, generan un micrositio óptimo para sus “protegidos” Cactus (Cactáceas) proporcionando sombra y disminución de radiaciones altas, materia orgánica y nutrientes derivados de la descomposición de materiales proveniente del arbusto como la hojarasca, además, de que mantienen mayor disponibilidad de agua pues se el agua que escurre por estas zonas lo hace con menor velocidad, con lo cual más agua se puede seguir infiltrando en el suelo o puede ser tomada por la vegetación, generando un espacio más húmedo y óptimo para el desarrollo de la misma (Ramírez., 2011). Además, algunas especies endémicas del estado de Aguascalientes como el mezquite disminuye la desertificación, de igual forma el mezquite mielero *Prosopis Glandulosa*, al establecerse en zonas degradadas modifican el suelo y el microclima, razón que favorece el establecimiento de la vegetación adicional herbácea o arbustiva, mientras que la *Mimosa monancistra* (uña de gato), influye positivamente al modificar la estructura del suelo y reduce el impacto de las gotas de lluvia, incrementa la tasa de infiltración de agua y la capacidad de retención de humedad específicamente en ecosistemas áridos y semi-áridos (Flores, *et al.*, 2006).

Finalmente, la relación actual entre el estudio de la vegetación, el ciclo hídrico y los suelos y/o rocas se hace de forma separada, limitando el conocimiento de las zonas de recarga de agua y la subsistencia de la cobertura vegetal (Sánchez , 2007). Además de que los estudios del impacto de la industria de la construcción en la cobertura vegetal, suelos y por ende capacidad de recarga de agua de los suelos es nula en Aguascalientes.



CAPÍTULO 3. Marco Teórico

3.1. Infiltración

Se le llama infiltración al proceso por el cual el agua que llega a la superficie del suelo después de un evento de lluvia o de un riego; pasa hacia su interior (Gómez, *et al.*, 2008). Esta agua infiltrada inicialmente satisface la deficiencia de humedad del suelo a una profundidad cercana a la superficie, y superando este déficit de humedad, pasa posteriormente a formar parte del agua subterránea. Cuando se saturan los espacios vacíos en un suelo no saturado, sucede la infiltración, siendo ésta tanto vertical como horizontal dependiendo de las fuerzas y propiedades actuantes, como la granulometría, la acción de los gradientes gravitacionales, la succión, la cual, al inicio el gradiente de succión es mucho mayor que el gravitacional (Kremer, 1974).

Cuando el agua comienza a infiltrarse, humedece el perfil del suelo, provocando que la fuerza de succión comience a decrecer hasta que esta sea mínima, quedando el gradiente gravitacional constante, dejando así solamente la fuerza del movimiento descendente del agua (Osorno, 2006). Mientras que la velocidad de infiltración se puede definir como la entrada vertical del agua superficial hacia el interior del suelo por unidad de tiempo, en donde, la superficie del suelo puede absorber esta agua cuando mantiene el contacto con ella a presión atmosférica y determinar la velocidad a la que se le puede aplicar agua a la superficie del suelo sin que ocurran escurrimientos (Osorno, 2006).

La compactación del suelo principal oponente de la infiltración eficiente del agua al subsuelo, ya que disminuye la capacidad de la circulación del aire y el agua, como consecuencia de una disminución de la macroporosidad por actividades como la intensificación de la agricultura, deforestación, compactación de suelo por maquinaria pesada.

De entre los varios procesos que pueden favorecer la infiltración, citando como ejemplo una mayor cobertura vegetal en el suelo, ya que el agua que cae sobre ellos y se

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

infiltra a mayor velocidad que los suelos sin cobertura vegetal (Osorno, 2006). La topografía también condiciona e influye directamente en el proceso de infiltración, ya que modifica el comportamiento hidrológico superficial del suelo, es decir, la pendiente favorece la formación de escorrentía al reducir la profundidad de los charcos formados, provocando la reducción de la tasa de infiltración (Cerdea, 1995).

En un suelo seco, la velocidad de infiltración de agua es alta al inicio, pero con el tiempo disminuirá paulatinamente, es decir que, si se le aplica agua a la superficie de un suelo a una velocidad constante, esta llegará a un punto en que será mayor que la velocidad de infiltración del suelo y el exceso escurrirá o se acumulará en la superficie dependiendo las condiciones de pendiente del terreno (Mena, 2018). En suelos con pendientes pronunciadas, existen grandes escurrimientos de agua y en suelos con pendientes suaves, se encuentran pequeñas formaciones de cuerpos de agua que promueve la infiltración (Mena, 2018).

Las etapas del ciclo hidrológico en la cual se recargan los mantos acuíferos es la precipitación y el escurrimiento. Las aguas subterráneas habitualmente son precipitaciones que caen sobre el suelo, que luego descienden lentamente, bajo la acción de la gravedad, hasta encontrar un terreno o asiento impermeable. Seguidamente en el escurrimiento el agua se deposita en los ríos y canales subterráneos, recargando así los mantos acuíferos como lagos lagunas manantiales arroyos y demás cuerpos de agua. La acumulación de este recurso conforma una capa de agua debajo de la superficie del terreno. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2021).

3.2. Vegetación

La vegetación de un lugar refleja el clima que posee, porque al llevar a cabo actividades que destruyan o que afecten la vegetación, se le quita al suelo su principal defensa e inmediatamente las aguas empiezan a deslizarse sobre la superficie arrastrando el suelo, en donde, a mayor precipitación mayor cantidad de suelo (Martínez S. y Damián H., 1999).

De acuerdo con San (1996), la cobertura, estructura y composición de la vegetación influye en el control de la entrada de energía al ecosistema, frenando el recorrido del agua,

dándole más tiempo para infiltrarse. Además, de que los suelos difieren por su estructura y capacidad para mantener la disponibilidad de agua para las plantas, pues dependen de factores propios del suelo como la textura, la profundidad, el contenido de materia orgánica, la actividad biológica, densidad aparente, porosidad, capilaridad, entre otros. Por tal motivo, la cobertura vegetal (ramas y hojas) de los árboles contribuyen a reducir la intensidad de la precipitación, permitiendo una mayor infiltración en el suelo.

3.3. Suelo

El suelo es un recurso no renovable y es el sistema más importante para el funcionamiento del ecosistema terrestre, debido a las importantes funciones que cumple como almacenar y liberar agua, asimismo el suelo está compuesto por partículas minerales, materia orgánica no viviente, agua y aire, en donde, estos dos últimos ocupan el espacio de los poros del suelo (Figueroa, 2017).

Las propiedades físicas y químicas del suelo pueden favorecer el desarrollo de un ambiente perfecto para que se desarrollen las raíces vegetales, además estas propiedades pueden ser determinantes en las características de almacenamiento de agua y permeabilidad, por lo tanto, el éxito de las plantas en cualquier región depende de que el suelo sea el adecuado para el crecimiento y funcionamiento de las raíces (Rojas, 2012). Ante esto es importante considerar y emplear los recursos y esfuerzos a fin de conservar la vida útil y la permeabilidad del suelo.

La calidad del suelo es la capacidad que tiene éste de sostener la productividad de las plantas y de los animales, manteniendo o mejorando la calidad ambiental (Gomez R., 2017)

La materia orgánica y las arcillas en los suelos poseen la capacidad de almacenar agua y nutrientes, debido a que la superficie específica (área superficial de sus partículas por unidad de masa) de la materia orgánica y las arcillas es grande y está cargada eléctricamente, de manera que los nutrientes y las moléculas de agua son retenidas dándole oportunidad a las plantas de usarlos, mientras que las grandes partículas de un suelo constituyen el esqueleto y

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

a ellas se les debe en mayor parte su peso, también ayudan al suelo a tener una buena aeración y permeabilidad (Mena, 2018).

3.4. Propiedades físicas

3.4.1. Permeabilidad

Se define a la permeabilidad como la capacidad de los suelos para permitir el paso del agua a través de ellos sin que su estructura se vea alterada. Se sabe que entre menor sea el tamaño de las partículas del suelo, menor será su permeabilidad y que cuando se tiene una granulometría con partículas de tamaño semejante mayor será permeabilidad. Entonces, el tamaño de los poros del suelo es de gran importancia con respecto a la capacidad de infiltración y percolación y el tamaño y cantidad de poros que se relacionan con la textura y estructura del suelo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019).

Los viejos canales de las raíces de la vegetación y otros macro poros pueden causar un aumento de la infiltración, creando grandes huecos que transportan el agua desde la superficie del suelo, más rápidamente que los procesos normales de infiltración y percolación, al disminuir la escorrentía superficial se mejora la infiltración de agua en el suelo y se aumenta la productividad de la vegetación. (Rango A., *et al.*, 2006)

3.4.2. Textura

Se puede definir la textura del suelo como la proporción relativa de los distintos grupos de tamaño de partículas de un suelo, los cuales, es posible separar por medios mecánicos o químicos, siendo esta una propiedad física del suelo que se relaciona con el tamaño de las partículas minerales (Mena, 2018). Los suelos se clasifican según el porcentaje de las fracciones minerales (arena, limo y arcilla) contenidas en un suelo (Triangulo textural) (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, 1999).

Pizarro Tapia *et al.*, (2005) reportaron los valores de la tasa de infiltración de los suelos según su tipo de textura, en la cual podemos observar que hay una mayor tasa de infiltración en suelos con mayor porcentaje de arenas, debido a que las arenas no poseen la capacidad de retener agua, por el contrario, ayudan al drenado del agua debido al espacio que existe entre sus partículas, es decir de su porosidad (ver Tabla 1).

Tabla 1. Tasa de Infiltración para diferentes texturas de suelos.

Textura del suelo	Tasa de Infiltración (mm/h)
Arenosa	50
Franco - Arenosa	25
Franca	17
Franco - Arcillosa	7

3.5. Propiedades Químicas

3.5.1. Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo la conforman organismos vivos del suelo y restos de organismos muertos que se encuentran en diversos estados de descomposición, mientras que las principales fuentes de materia orgánica son el abono animal y vegetal, residuos de cultivos y otros materiales orgánicos. Una baja o alta en la descomposición de organismos debido a un cambio en los factores naturales o antropogénicos propicia una pérdida en materia orgánica, esta es un complemento fundamental de un suelo sano; y su pérdida da lugar a un suelo degradado (Mena, 2018). La materia orgánica es muy buena reteniendo agua, lo cual la hace muy útil para la supervivencia de la vegetación en suelos secos y arenosos, es decir, los suelos que la contienen poseen una buena estructura que propicia la infiltración de agua puesto que reduce la compactación, la erosión, la desertificación y el desprendimiento del suelo (Mena, 2018; Úbeda R. y Delgado D., 2018).

CAPÍTULO 4. Marco Referencial

4.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio corresponde a dos zonas dentro del municipio de Aguascalientes, la primera se localiza al norte de la zona metropolitana de Aguascalientes, esta zona nombrada “La Mezquitera” se ubica dentro del campus de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) con coordenadas (13Q, 777160.96E, 2426154.68N), como se muestra en la Figura 2, la segunda se localiza al sur de la zona metropolitana de Aguascalientes, esta otra zona nombrada “Bosque de Cobos” se localiza en las coordenadas (13Q, 785776.21E, 2414025.08N), como se muestra en la Figura 1.

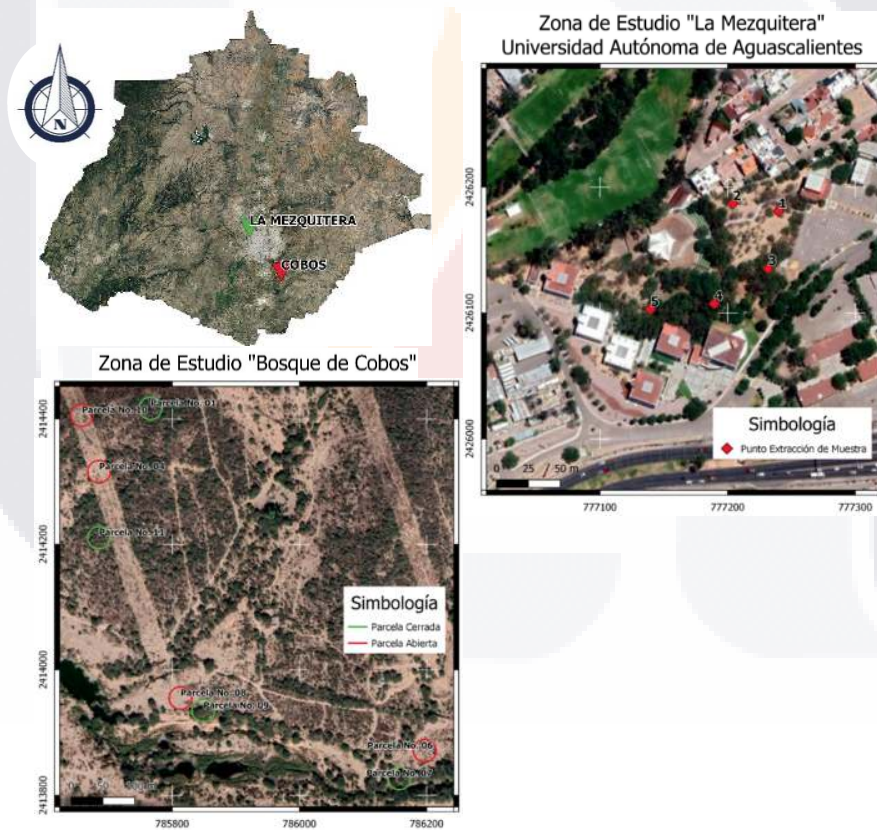


Figura 1. Localización de las zonas de estudio (La Mezquitera y Bosque de Cobos) mapa a la izquierda puntos verde y rojo, respectivamente. Así mismo se indican los puntos donde se extrajeron las muestras de suelo que se analizaron para La Mezquitera (mapa a la derecha arriba), y se indica el área de las parcelas en círculos rojo y verde que se analizaron tanto en el trabajo de Floriano-González X. A., (2020) y este estudio. Sistema de coordenadas: UTM (m), WGS84, Zona13 Norte.

4.2. Descripción del área de estudio

La zona periurbana Bosque de Cobos forma parte de la ladera modelada por un arroyo que corre a lo largo del límite sur, las pendientes predominantes van de norte a sur con una topografía regular de pendientes suaves. Esta serie de lomeríos conforma la microcuenca San Francisco (Floriano-González X. A., 2020) (Figura 1). La zona de estudio tiene dos franjas de X metros aproximadamente y que están separadas entre ellas por Xm, estas franjas están desmotadas y tienen una dirección preferencial NNW- SSE, son líneas que se trazaron para la ubicación de líneas eléctricas.

La Mezquitera es una zona dentro de la Universidad Autónoma de Aguascalientes la cual posee una extensión territorial de 1.3 hectáreas, siendo ésta, una zona de protección ecológica se presume que se construyó tratando de respetar la vegetación existente, por lo tanto, esta zona posee tanta vegetación nativa (mezquites, Huizaches y algunas cactáceas) y vegetación exótica (pirules). El lago que se observa en el centro se construyó en el punto más bajo de esta zona con la finalidad de recolectar el agua que escurre superficialmente. Se encuentran planchas de concreto en la zona que lo hace impermeable lo cual perturba el cauce natural del agua. Esta zona cuenta con un riego por medio de aspersores dos veces al día lo cual provoca un clima húmedo el cual favorece a la vegetación. También se registra el paso de las personas que es mayor en días hábiles de lunes a viernes de 07 a 22 horas; ya que la comunidad universitaria transita por esta zona para llegar a su destino, menor en sábados y domingos por no ser días hábiles.

4.3. Vegetación

La carta de uso de suelo y vegetación de la Serie III de (INEGI, 2020) menciona que dentro de la zona de estudio Bosque de Cobos se puede encontrar dos tipos de vegetación, que corresponden a Matorral (*crassicaule*) y Pastizal natural. Sin embargo, de acuerdo con una investigación posterior (GEOASEET, 2021), a los censos forestales, se pudo observar que la totalidad de las parcelas se encuentran cubiertas con vegetación forestal de Matorral *crassicaule* que se caracteriza por la predominancia de cactáceas grandes de tallos aplanados

o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país. Algunas de las especies características son *Opuntia Imbricata*, *Opuntia Robusta*). También en este tipo de vegetación es posible encontrar asociación de *Myrtillocactus geometrizans* y a veces *Stenocereus spp.* Por otro lado, a niveles inferiores conviven muchos arbustos micrófilos, por ejemplo, especies de *Mimosa Monanctris*, *Acacia Farnesiana*, *Acacia Shafneri*, *Prosopis Laevigata*, *Simsia Amplexicaulis*, etc (GEOASEET, 2021). La altura de este matorral puede ser de 2 a 4 metros, su densidad es variable y pueden alcanzar casi el 100% de cobertura, en donde, el matorral puede admitir una gran cantidad de plantas herbáceas (Floriano-González X. A., 2020).

Por su parte, La Mezquitera está conformada principalmente por especies nativas y algunas exóticas, dentro de las cuales podemos encontrar *Prosopis Laevigata*, *Acacia Farnesiana*, mejor conocidos como mezquites y huizaches que son especies nativas y *Schinus Molle* comúnmente conocido como pirul que es una especie exótica y una gran cantidad de cactáceas (Esparza-Esparza, 2019).

4.4. Relieve

En el Bosque de Cobos, la zona de mayor altitud se presenta en la parte norte (Figura 1, Mapa abajo a la izquierda), las cuales oscilan en los 1944 msnm, mientras que las regiones con relieve más suave se localizan en el centro de la zona de estudio, con elevaciones de 1916 msnm.

La zona de mayor altitud en La Mezquitera se encuentra en la parte noroeste, que oscila en los 1865 msnm, y la zona con la menor altitud se encuentra al centro y posee una altitud de 1857 msnm, es en esta parte donde se acumulan todos los escurrimientos de esta zona.

4.5. Hidrología

La zona de estudio en Cobos se localiza en la parte baja de la microcuenca San Francisco (Floriano-González X. A., 2020), donde confluyen tres corrientes hidrológicas de mediana importancia, los cuales fluyen de norte a sur. Estos escurrimientos pluviales forman pequeñas cárcavas, por lo que, se puede considerar, en general, que el terreno mantiene una topografía de pendientes suaves que desembocan en una corriente principal que va de este a oeste que está conectado al río San Pedro, a un costado de este río es donde se realizaron las mediciones de las parcelas topográficamente bajas, cabe mencionar que estos terrenos se encuentran afectados por pequeños bancos de material para la fabricación de tabiques y pequeñas construcciones de recreación las cuales deterioran y probablemente afectan la recarga de los mantos acuíferos.

La Mezquitera es una zona de recepción de escurrimientos, lo cual hace que esta zona se acumule humedad siendo esto una característica que favorece al estudio. Por sus características hidrológicas esta zona tiene un pequeño bordo que recibe una cantidad variable de fauna durante la época de lluvias, que es cuando se aprecia el aumento substancial de agua. En época de sequía se hace necesario utilizar riego artificial para conservación de esta.

CAPÍTULO 5. Marco Metodológico

5.1. Clasificación de suelos basado en criterios de granulometría

Saber el tamaño de las partículas que conforman un suelo nos brinda un criterio para realizar una clasificación descriptiva, entonces, con la técnica de cribado es posible trazar curvas granulométricas, siendo actualmente posible agrupar a los suelos de acuerdo con el tamaño de sus partículas (Tabla 2) (Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1973).

Existen clasificaciones granulométricas de los suelos de acuerdo con sus tamaños, por ejemplo, se tiene la clasificación internacional (método desarrollado en Suecia), la

Clasificación M.I.T. la cual fue propuesta por G. Gilboy y adoptada por el *Massachusetts Institute of Technology* y por último tenemos la clasificación propuesta por Kopecky que es la que se utilizara para esta comunicación.

Tabla 2: Clasificación granulométrica basada en una proporción de Kopercky.

MATERIAL	CARACTERISTICA	TAMAÑO mm
Piedra	---	Mayor de 70 mm
Grava	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Polvo	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
Limo	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra-Arcilla	---	0.00002 a 0.0002

Encontrado en Juárez Badillo y Rico Rodríguez, Mecánico de suelos, Tomo I, Fundamentos de la mecánica de suelos, 1973.

Las partículas con tamaños menor de 0.00002 mm constituyen disoluciones ya no se depositan (conocidos como coloides). Las características de las arcillas se deben principalmente a las propiedades fisicoquímicas de su fracción más fina. (Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1973).

La granulometría de un suelo suele representarse a través de una gráfica, donde en las ordenadas representan el porcentaje en peso del material de menor tamaño al correspondiente y en las abscisas el tamaño de las partículas, en consecuencia las abscisas se representan en escala semilogarítmica, ya que, visualmente se aprecian mejor en la parte final, por su amplitud en el tamaño, por consecuencia la curva formada permite visualizar inmediatamente como están distribuidas las partículas del suelo; una línea vertical representa un suelo conformado por partículas de un mismo tamaño, siendo el 100% de sus partículas. Por su parte, un suelo bien graduado está representado por una curva en diagonal, esto indica una gran variedad de tamaños en las partículas que conforman al suelo (Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1973).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Continuando con las características granulométricas, el coeficiente de uniformidad (C_u) como medida que describe la uniformidad del suelo, definido por la siguiente expresión:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

En donde:

D_{60} : Tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo que es de igual o menor tamaño.

D_{10} : Tamaño tal, que el 10%, en peso, del suelo que es de igual o menor tamaño.

Un suelo muy uniforme, presenta un $C_u < 3$ (Juárez-Badillo y Rico-Rodríguez, 1979).

Para definir la uniformidad, es necesario definir el coeficiente de curvatura (C_c) del suelo mediante la expresión:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Un suelo bien graduado, presenta un C_c con valor entre 1 y 3, lo cual, nos dice que el suelo posee una gran variedad de tamaños de partículas, con cantidades apreciables de cada tamaño intermedio (Juárez-Badillo y Rico-Rodríguez, 1979).

5.2. Método del gravímetro para partículas finas

El método del hidrómetro, el cual se basa en el hecho de que, si dentro de una probeta se coloca suelo con agua y algún floculante, para luego aplicar agitación a todo, encontraremos que para una altura constante la densidad del medio disminuye con relación al tiempo. Implementando un hidrómetro se observa que la densidad se lee aproximadamente a la profundidad en donde el centro del volumen del bulbo flota y se mide a partir de la superficie del líquido al centro volumétrico del hidrómetro. (Medina González, *et al.*, 2007)

El principio de la sedimentación esta dado por la ley de *Stokes* que dice: “cuando una partícula esférica cae dentro de un fluido, queda frenada en su caída por fuerzas de frotamiento que el fluido ejerce sobre su superficie” estas fuerzas son proporcionales a la velocidad, la cual, comienza acelerada y después se hace uniforme; se establece una especie de equilibrio entre el peso de la esfera y las fuerzas que frenan la caída, esto está íntimamente ligado a la densidad del suelo juntamente con el agua y el floculante. (Medina González, *et al.*, 2007)

El cambio en la densidad a través del tiempo se puede graficar como una curva. En donde, para obtener mayor precisión y conocer el diámetro de las partículas (en micras) que se encuentran en suspensión se requiere de un cálculo mayor.

$$P = (R * a / W_o) * 100$$

$$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$$

En donde:

P : Porcentaje de partículas en suspensión del suelo.

a : Constante que puede considerarse igual a 1.

W_o : Peso en gramos de la muestra usada en el análisis.

d : Diámetro máximo y mínimo de las partículas que se sedimentan en micras.

R : Lectura del hidrómetro en gramos por litro de la suspensión del suelo.

T : Tiempo de reposo de la suspensión en minutos.

Se necesita obtener d (el diámetro de la partícula en suspensión en micras), a este dato se le saca el logaritmo y se multiplica por 10, finalmente se grafica este último valor que representa micras contra porcentaje, que se refiere al % de partículas en suspensión.

Se calcula de modo que cuando la curva corta a la línea de 2 micras se tiene la arcilla en porcentaje y donde la curva corta la línea de 17 micras se tiene el valor de limos y arcillas también en porcentaje.

5.3. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal es un parámetro que nos permite conocer cuál es la superficie cubierta de una especie o una clase de planta en un área determinada. Para obtener la cobertura aérea se miden dos longitudes transversales (A y B) de la copa de los individuos dentro del área determinada (S). La cobertura se calcula con la fórmula del área de la elipse y de acuerdo con todos los individuos analizados se hace la sumatoria.

$$C = \Sigma (\pi * A * B)$$

5.4. Densidad de vegetación

La composición, cobertura, estructura de la vegetación influyen de gran manera en la entrada de agua, dichas características frenan el recorrido del agua con el cual el agua tiene más tiempo para infiltrarse, también características de la pendiente influyen al aumentar o disminuir el tiempo de permanencia sobre la superficie (Sau, 1996)

Este es un parámetro que nos da a conocer la abundancia de una especie de planta. La densidad (D) es el número de individuos (N) en un área (A) determinada.

$$D = N/A$$

5.5. Porosidad

Podemos definir a la porosidad total (\emptyset) de una muestra de suelo, como el cociente entre el volumen del espacio poroso (V_i) y el volumen total de la muestra (V_T). (D. Moret-Fernández)

El valor V_i se mide a partir del volumen del líquido que satura el espacio poroso, del volumen total sumando V_i y del volumen de la muestra de suelo, V_r . (D. Moret-Fernández)

Cuando un líquido va ocupando el espacio poroso del suelo, este corre el riesgo de que se desintegre por explosión, esto se puede impedir usando alcohol como líquido de saturación de la muestra, ya que, su baja tensión superficial impide la desintegración de la muestra (Moret, *et al.*, 2015).

La porosidad está definida por la siguiente expresión:

$$\emptyset = \frac{V_i}{V_T}$$

En donde:

V_i : Es el volumen del espacio poroso.

V_T : Es el volumen total.

Al volumen total lo define la expresión:

$$V_T = V_i + V_r$$

En donde:

V_r : Es el volumen de la muestra de suelo.

La siguiente expresión define el volumen del espacio poroso.

$$V_i = \frac{M_{ag-al} - M_{ag}}{\rho_{al}}$$

En donde:

M_{ag} : Masa del agregado seco.

M_{ag-al} : Masa del agregado saturado en alcohol.

ρ_{al} : Densidad del alcohol.

5.6. Conductividad hidráulica saturada de campo

Se le llama conductividad hidráulica saturada K_s al proceso mediante el cual el agua fluye a través de un medio saturado y permeable como lo es el suelo, en donde, es imposible medir K_s con un método in situ, estos métodos lo que miden es la conductividad hidráulica reducida K_{fs} (saturada de campo), ya que, en campo, al momento de realizar la prueba, puede quedar atrapado aire (burbujas) durante la infiltración (Reynolds, 1993).

Para medir K_{fs} in situ, se puede lograr utilizando el método de “permeámetro de pozo de carga constante” (CHWP) (Reynolds, 1993; Elrick y Reynolds, 1986). Este método consiste en observar cuándo se acumula una altura constante de agua en un pozo, que se vuelve un suelo insaturado, estableciéndose poco a poco un bulbo de saturación en el campo alrededor de la base del pozo (Elrick *et al.*, 1989). Al medir la tasa de infiltración, esta decrece conforme transcurre el tiempo hasta que llega a un ritmo constante y cuando se alcanza esta tasa de flujo constante, la K_{fs} del suelo por debajo del pozo de prueba se puede calcular con la tasa del flujo de agua constante, el diámetro del pozo y la altura del agua estancada en el pozo. (Reynolds, 1993).

El método del permeámetro de Guelph, que es físicamente similar al utilizado en esta investigación, es una de las técnicas más comunes utilizadas para medir la conductividad hidráulica saturada de campo (K_{fs}), ya que este método mide el flujo filtrante necesario para

mantener una profundidad constante de agua en un pozo cilíndrico sobre el que se coloca el permeámetro. En este caso, se utiliza el principio de Mariotte, el cual consiste en mantener el nivel de agua en el pozo y medir la recarga correspondiente. (Reynolds, 1993).

La conductividad hidráulica saturada de campo (K_{fs}) se calcula con la siguiente ecuación propuesta por Elrick, entre otros (1989).

$$K_{fs} = \frac{CQ_s}{\left[2\pi H^2 + C\pi a^2 + \left(\frac{2\pi H}{\alpha^*}\right)\right]}$$

En donde:

Q_s : Es el flujo de recarga permanente (cm^3/min)

H : Es la carga hidráulica en el pozo (cm)

a : Es el radio del pozo (cm^{-1})

C : Es el factor adimensional que depende de la relación (H/a) figura 2.

α^* : Se obtiene por inclusión de nuestro suelo dentro de uno de los cuatro escenarios de medios porosos de la tabla 3.

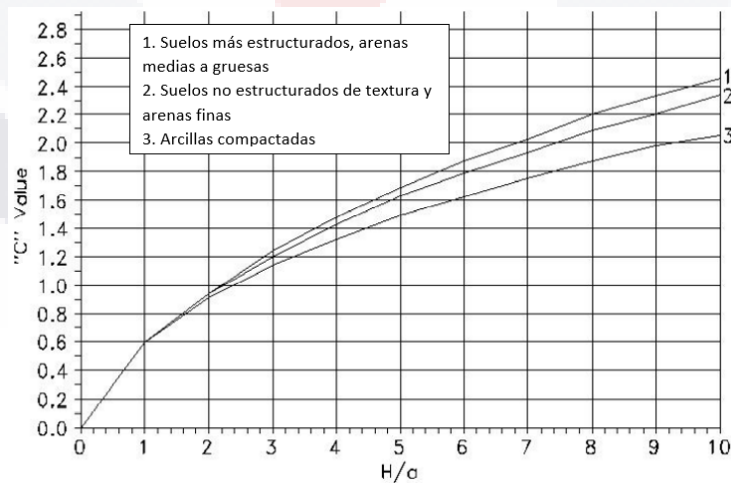


Figura 2: Determinación del valor C.

Tabla 3. Valores de α^* sugeridos según la categoría de medio poroso.

α^* (cm ⁻¹)	Estructura y textura del suelo
0.36	Arenas gruesas y suelos muy estructurados
0.12	Suelos más estructurados y arenas medias
0.04	Suelos no estructurados de textura fina y arenas finas
0.001	Arcillas compactadas (por ejemplo, revestimientos de arcilla)



CAPÍTULO 6. Metodología Aplicada

En el marco de un proyecto multidisciplinario entre las áreas de Ciencias Ambientales e Ingeniería Civil, se seleccionaron dos zonas de estudio debido a que destacan por la presencia de especies vegetales nativas, siendo una de ellas “Bosque de Cobos”, un área natural protegida que ha sido deforestada, entre otras cosas por encontrarse muy cerca de la zona urbana de Aguascalientes. La otra zona de estudio es “La Mezquitera”, dentro del campus central de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Esta zona cuenta con especies arbóreas nativas y no nativas, además de que su superficie fue modificada para adecuarla a un sistema de riego controlado, por lo que tiene su clima controlado.

Parte de la metodología se aplicó en conjunto a la tesina “Potencial de infiltración de agua entre la dinámica del matorral espinoso *crasicaule* y suelo en el suroriente del municipio de Aguascalientes” (Floriano-González X. A., 2020), en dicha tesina se colaboró para la obtención de cinco muestras de suelo por parcela, de las cuales, a dos muestra por parcela se le determinaron datos físicos, los otros tres puntos de muestreo se analizaron en este trabajo, así mismo, se coadyuvó para la obtención de los datos de infiltración con el permeámetro de campo. Mientras que en la tesina “Influencia del mezquite (*prosopis laeviagata*), huizache (*acacia farnesiana*) y del pirul (*schinus molle*) en la infiltración de agua en el suelo” (Esparza-Esparza, 2019) se colaboró en conjunto para realizar las pruebas de infiltración de La Mezquitera. Cabe destacar que solo se tomaron los datos de las dos tesinas, el cálculo y el análisis se realizó por cuenta propia. De ambos trabajos se tomaron los resultados de tipo de vegetación.

6.1. Zonas de muestreo

Para muestrear la zona de estudio de Bosque de Cobos, se consideraron los parámetros de topografía y cobertura vegetal, para poder evaluar la capacidad de infiltración del suelo en cuatro escenarios diferentes (con coberturas vegetales altas y bajas y con topografía alta y baja). El muestreo se realizó en parcelas de sección circular con una superficie de 1000 m², proceso que se replicó cinco veces en cada parcela, tomando una

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

muestra en el centro de la parcela y las cuatro restantes en el norte, sur, este y oeste dentro de la misma, las cuales cumplen con los parámetros de topografía y cobertura vegetal antes descritos.

Durante el periodo de marzo a mayo (secas) del año 2019 se estableció la ubicación de las parcelas, siendo un total de ocho, cuatro parcelas topográficamente arriba, dos de ellas abiertas, es decir, de cobertura baja y las otras dos cerradas, esto es, de cobertura alta. Así mismo para las parcelas topográficamente bajas (Para una mayor explicación ir a Floriano-González X. A., 2020).

Para el muestreo de la zona de estudio de La Mezquitera se tomaron cinco muestras en las zonas con mayor vegetación, evitando que los puntos de muestreo se encontraran cerca de algún camino o algún elemento constructivo de concreto.

Durante el periodo del mes de octubre (lluvia) del año 2019, se estableció los puntos de muestreo y se realizaron las pruebas de infiltración (Esparza-Esparza, 2019).

6.2. Granulometría de suelos

De cada una de las 8 parcelas que se trabajaron en Bosque de Cobos, se recolectaron 5 muestras de suelo, haciendo un total de 40 muestras, las cuales fueron alteradas y superficiales, procurando, durante la recuperación de muestras, el quitar una capa de 20 cm de la superficie para que esta no tuviera tanta materia orgánica. Para la zona de estudio de La Mezquitera solo se tomaron 5 muestras en total, procurando quitar una capa de 20 cm de la superficie para que también esta no tuviera tanta materia orgánica. Las muestras recolectadas se tomaron conforme al manual M-MMP-1-01/03, muestreo de materiales para terracerías (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2003).

Equipo y materiales

El equipo empleado en la ejecución de la prueba fue el siguiente: juego de mallas, tapas y charolas de fondo para las mallas, horno, balanza, máquina agitadora para las mallas, cucharón, charolas, cepillos o brochas y pisón de mano. Todo el equipo en buenas condiciones, calibrado y limpio.

Preparación de la muestra

La preparación de la muestra consistió en que una vez extraída, se procedió a secarla y disgregarla, con la finalidad de que, al pasar la muestra de suelo por las mallas, el material se separe correctamente y con mayor facilidad. El secado de la muestra se logró metiéndola al horno por 24 horas, luego, se retiró la muestra seca del horno y se dejó reposar hasta que su temperatura permitiera su manipulación. Posteriormente, con ayuda del pisón de mano, dando pequeños impactos se disgregó poco a poco la muestra, teniendo cuidado de no usar mucha fuerza al utilizar el pisón para no fracturar las partículas de la muestra. Teniendo disgregada la muestra, se realizó un cuarteo de ésta para tomar una muestra representativa, la cual, se pasó por el juego de mallas.

Procedimiento de la prueba

Teniendo la muestra representativa lista, lo primero que se realizó fue pesarla, luego, pasó por la malla N°4, en donde, la fracción retenida por esta malla se consideró como grava, esta fracción posteriormente con ayuda de la máquina agitadora se pasó por las mallas (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y N°4), siendo la última malla la que separó las partículas de tamaño de grava de las de tamaño de arena. Por tanto, la fracción que pasa por la malla N°4, se considera como arena con finos, esta fracción a su vez, con ayuda de la máquina agitadora se pasó por las mallas (N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y N°200) que son las que separan la fracción que pertenece a la arena. El material que logra pasar por la malla N°200, se considera como la fracción fina, que sólo se recolectó en una charola, mientras que la

porción de material retenido en cada una de las mallas y en la charola (finos) se pesó y se registró para su análisis posterior.

Análisis Granulométrico

Se calcularon las porciones de material retenido en cada una de las mallas con relación a la masa total de la muestra seca, utilizando la siguiente expresión:

$$R_i(\%) = \frac{W_i}{W_d} \times 100$$

En donde:

- $R_i(\%)$: Retenido parcial en la malla i en relación con la muestra original, (%), con aproximación de 0,1%.
- W_i : Masa del material retenido en la malla i , (g).
- i : Designación o número de la malla utilizada, que va desde la de 3" hasta la N°200.
- W_d : Masa del material seco de la muestra, (g).

Posterior a esto, se pesó la cantidad de material que pasaba cada malla y se comparaba con la masa total de la muestra que representa el 100%, que es el total de masa representativa expresada como porcentaje, lo anterior lo podemos expresar como:

$$P_{3''}(\%) = 100 - W_{3''}(\%)$$

En donde:

- $P_{3''}(\%)$: Material que pasa a través de la malla 3'', que es la de mayor tamaño de las utilizadas, con relación a la muestra original, (%), con aproximación de 0,1%.
- $W_{3''}(\%)$: Retenido parcial en la malla 3'' en relación con la muestra original, (%).

Posteriormente, al valor obtenido (P_3) se le resta el retenido parcial de la malla subsecuente (P_2), así hasta llegar a la N°200, con lo cual, se calculan los porcentajes que pasan.

Una vez realizado el cálculo de los porcentajes que pasan, se dibuja la curva granulométrica del material sobre un sistema de ejes coordenados, marcando las aberturas de las mallas, utilizando escala logarítmica en el eje de las abscisas y los porcentajes de materiales que pasan por cada malla utilizada, también en escala aritmética sobre el eje de las ordenadas.

Para interpretar la curva granulométrica, se determina el coeficiente de uniformidad C_u y de curvatura C_c , que se emplean para caracterizar la graduación del material, estos coeficientes se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

En donde:

C_u : Coeficiente de uniformidad del material, (adimensional).

C_c : Coeficiente de curvatura del material, (adimensional).

D_{60} : Tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo, sea igual o menor tamaño.

D_{30} : Tamaño tal, que el 30%, en peso, del suelo, sea igual o menor tamaño.

D_{10} : Tamaño tal, que el 10%, en peso, del suelo, sea igual o menor tamaño.

Por último, se calculan los contenidos de grava, %G y de arena, %S, mediante las siguientes expresiones:

$$\%G = P_{3''}(\%) - P_{N^{\circ}4}(\%)$$

$$\%S = P_{N^{\circ}4}(\%) - \%F$$

En donde:

%G: Contenido de grava con relación a la muestra seca, (%), con aproximación de 0.1%.

%S: Contenido de arena con relación a la muestra seca, (%), con aproximación de 0.1%.

%F: Contenido de finos con relación a la muestra seca, (%), con aproximación de 0.1%.

$P_{3''}(\%)$: Material que pasa a través de la malla 3'', con relación a la muestra original, (%), con aproximación de 0.1%.

$P_{N^{\circ}4}(\%)$: Material que pasa a través de la malla N°4, con relación a la muestra original, (%), con aproximación de 0.1%.

6.3. Texturas

La técnica del hidrómetro se utiliza para determinar el porcentaje de las partículas en suspensión de suelos dispersados en un fluido en un determinado tiempo, este análisis se aplica a partículas de suelos que pasan la malla de 2.00 mm (N°10), por lo cual, el material sobrante de cada muestra que pasó esa malla fue utilizado en esta prueba de textura.

Equipo y materiales

El equipo previamente calibrado y limpio empleado en la ejecución de la prueba fue el siguiente: horno, balanza, aparato agitador (batidora), mecánico o neumático con su vaso, hidrómetro (graduado para leer, de acuerdo con la escala que tenga graduada, el peso específico de la suspensión o los gramos por litro de suspensión), probeta graduada de 1000

ml, cronómetro o reloj, dispositivo eléctrico para baño maría, envases apropiados para el manejo y secado de las muestra, agitador de cristal, agitador especial para probeta, agente dispersante (hexametáfosfato de sodio o calgón), peróxido de hidrógeno y agua destilada.

Preparación de la muestra

Para la preparación de la muestra, primero se eliminó la materia orgánica que esta tiene, esto con la finalidad de que los únicos sólidos en suspensión fueran arenas, limos y arcillas. Para lo anterior, primero se pesaron 55 gr de suelo, que se pusieron en un vaso de precipitados. Para la eliminación de materia orgánica se aplicaron a la muestra 20 ml de peróxido de hidrógeno al 8% y se revolvió con el agitador de cristal, procurando tener cuidado de no perder ninguna de las partículas de la muestra, con ayuda de una pipeta y con agua destilada para regresar a la mezcla las partículas de suelo que quedaban en el agitador al retirarlo.

Antes de la aplicación del peróxido, el suelo se tuvo que humedecer con agua destilada, para que la reacción no fuera tan fuerte. El vaso de precipitado se puso en el baño maría hasta que la muestra se secó, repitiéndose este proceso varias veces, en la última vez se utilizó el peróxido al 30 %. Como resultado de este proceso, la efervescencia de la muestra al agregar el peróxido se fue reduciendo con cada aplicación de peróxido, lo cual era indicador de que la materia orgánica se estuvo eliminando. Por último, para que la muestra estuviera seca al 100%, se metió al horno por 24 horas, luego, se sacó y se pesó para que, por la diferencia de peso, se sacara el porcentaje de materia orgánica eliminada (Tabla 4).

Tabla 4. Ejemplo de cálculo del porcentaje de materia orgánica eliminada.

Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	348.96
Peso vaso (gr)	295.14
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.82
Materia organica eliminada (gr)	1.18
% de materia organica eliminada	2.15

Procedimiento de la prueba

Con ayuda del agitador se vació la muestra al vaso de la batidora, luego se le agregó agua destilada hasta la primera marca inferior del vaso, si la textura se observaba gruesa (arenosa) se le agregaban 5 ml de calgón, si la textura se observaba media se le agregaban 10 ml, pero si la textura era fina se le agregaban 15 ml. El vaso se colocó en la batidora durante 15 minutos si la muestra es gruesa, 20 minutos si en la textura manual se siente de tipo franco y 25 minutos si es arcillosa al tacto. Una vez transcurrido este tiempo la muestra se pasó a la probeta de 1000 ml y se aforo a 1000 ml con agua destilada. Se agitó el contenido de la probeta manualmente con ayuda del agitador especial para la probeta durante 1 minuto. Después, se dejó la muestra en la probeta sin mover y se introdujo el hidrómetro para poder tomar las 6 lecturas, que se tomarán a los 40, 60, 600, 3600, 7200 y 86400 segundos.

Análisis Hidrométrico

Para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo se programaron lecturas; la cuales a continuación se explican.

Los resultados obtenidos de las lecturas se anotaron en una tabla junto a la columna del tiempo de lectura correspondiente (Tabla 5).

Tabla 5. Lecturas del hidrómetro de la muestra 27 de la parcela 06.

No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura del hidrómetro
1	40	0.67	10
2	60	1	9
3	600	10	6
4	3600	60	4.5
5	7200	120	4
6	86400	1440	3

El cambio de la densidad a través del tiempo se puede graficar como una curva. Para obtener mayor precisión y conocer el diámetro de las partículas (en micras) que se encuentran en suspensión se requiere del siguiente cálculo.

$$P = (R * a / W_o) * 100$$

$$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$$

En donde:

P : Porcentaje de partículas en suspensión del suelo.

a : Constante que puede considerarse igual a 1.

W_o : Peso en gramos de la muestra usada en el análisis.

d : Diámetro máximo y mínimo de las partículas que se sedimentan en micras.

R : Lectura del hidrómetro en gramos por litro de la suspensión del suelo.

T : Tiempo de reposo de la suspensión en minutos.

Se necesita obtener *d* (el diámetro de la partícula en suspensión en micras), a este dato se le saca el logaritmo y se multiplica por 10.

Tabla 6. Tabla de lectura y cálculos requeridos para textura de la muestra 27 parcela 06.

R	$P = \left(\frac{R a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
10.00	18.58	64.02	18.06	83.50	10.70	5.80
9.00	16.72	52.69	17.22			
6.00	11.15	16.94	12.29			
4.50	8.36	6.97	8.43			
4.00	7.43	4.94	6.94			
3.00	5.57	1.43	1.57			

Se grafica este último valor que representa micras contra porcentaje, que se refiere al % de partículas en suspensión.

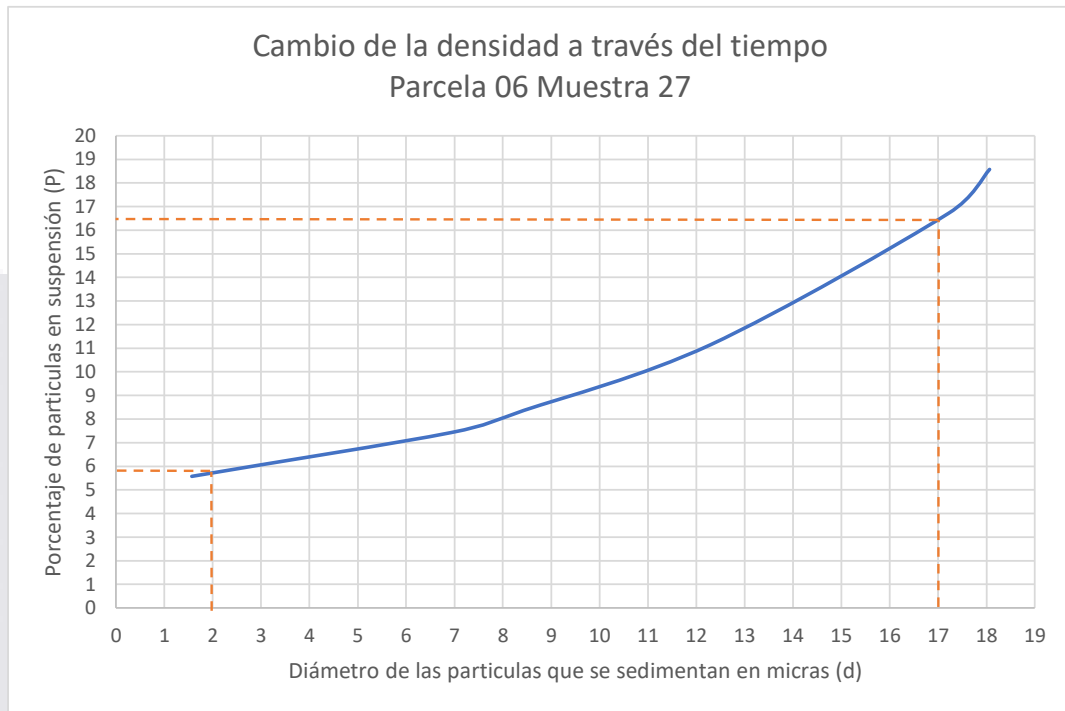


Figura 3. Gráfica del cambio de la densidad a través del tiempo de la muestra 27 parcela 06.

Se calcula que cuando la curva corta la línea de 2 micras se tiene la arcilla en % y donde la curva corta la línea de 17 micras se tiene el valor de limos y arcillas en %.

6.4. Porosidad

Como consecuencia de la textura del suelo tenemos su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o de poros. Los poros en el suelo se distinguen en macroscópicos y microscópicos.

De los mismos puntos de recolección de muestras de suelo alteradas para la granulometría, también se recolectaron la misma cantidad de muestras inalteradas de suelo, a una profundidad de 50 cm., tanto para el Bosque de Cobos como para La Mezquitera.

Equipo y materiales

El equipo que se utilizó en la ejecución de la prueba es el siguiente: lijas de diferentes graduaciones, espátula, vaso de precipitado, horno, balanza, vernier y alcohol. Todo el equipo en buenas condiciones, calibrado y limpio.

Preparación de la muestra

La preparación de la muestra consistió en secarla y labrarla en forma de cubo, esto con la finalidad de que, se pueda sacar el volumen de la muestra que se sometería a la prueba. El secado de la muestra se logró al meterla al horno por 24 horas, luego, se retiró la muestra seca del horno y se dejó reposar hasta que la temperatura nos permitiera manipularla, posteriormente con ayuda de las lijas y las espátulas se labró poco a poco hasta que la muestra adquirió la forma cubica deseada.

Procedimiento de la prueba

Teniendo la muestra labrada, lo primero que se realizó fue pesar y medir las muestras con ayuda de la balanza y el vernier respectivamente, para poder calcular el peso y el volumen de la muestra para la prueba. Luego, se realizó el proceso de saturación, para el cual, primero se llenó con alcohol el vaso de precipitado y dentro de este se sumergió la muestra durante 20 minutos, para que la muestra se sature con alcohol y se salga todo el aire que contienen los poros en ella. Para saber que la muestra se está saturando es necesario observar que el aire saldrá poco a poco de ella en forma de burbujas. Transcurridos los 20 minutos, se sacó la muestra y se dejó reposar sobre una toalla de papel saturada en alcohol para quitar el exceso de alcohol que esta pueda tener e inmediatamente después se pesó a temperatura ambiente, en donde, este último paso no tiene que durar más de 10 segundos.

Análisis de la porosidad

El volumen del espacio poroso V_i , se calcula convirtiendo la diferencia de masas del agregado saturado en alcohol (M_{ag-al}) y del agregado seco (M_{ag}) en volumen usando la densidad del alcohol (ρ_{al}), lo anterior esta descrito en la siguiente expresión.

La siguiente expresión define el volumen del espacio poroso.

$$V_i = \frac{M_{ag-al} - M_{ag}}{\rho_{al}}$$

En donde:

M_{ag} : Masa del agregado seco.

M_{ag-al} : Masa del agregado saturado en alcohol.

ρ_{al} : Densidad del alcohol.

6.5. Conductividad hidráulica saturada de campo

Para obtener la conductividad hidráulica mediante el permeámetro, se realizaron pruebas de infiltración en 5 puntos de cada una de las 8 parcela de Bosque de Cobos, en los mismos puntos en los que se recolectaron las muestras alteradas e inalteradas. De igual manera se realizaron 5 pruebas de infiltración para cada uno de los 5 puntos de donde se recolectaron las muestras de La Mezquitera, puesto que, para poder determinar la conductividad hidráulica saturada, se necesita establecer la textura y estructura del suelo, parámetros que obtuvimos con las pruebas de granulometría de suelos y análisis hidrométrico.

Equipo y materiales

El Permeámetro de pozo de carga constante fue el equipo empleado en la ejecución de la prueba. Dicho dispositivo está formado por dos tubos de acrílico de 2 y 4 pulgadas de

diámetro, unidos con una reducción de 2 a 4 pulgadas de CPV. El tubo de 4 pulgadas está graduado y tapado con un tapón de PVC que actúa como un depósito de agua. Por otro lado, el tubo de dos pulgadas es el que permite que el agua se infiltre, al momento de colocarlo en el pozo el agua saldrá de este por 32 orificios que están distribuidos en la punta del tubo en un largo de 20 cm, que es la profundidad del pozo en el cual se inserta, la punta del tubo de 2 pulgadas también se tapa con un tapón de CPV al momento de la prueba. Dicho tapón se puede poner y quitar para llenar el permeámetro de agua. Además del permeámetro, también se utiliza un muestreador manual de acero inoxidable (herramienta usada para hacer los pozos en el suelo), un cronometro y agua para llenar el permeámetro.

Preparación del terreno

Teniendo el terreno limpio en un radio de unos 0.5 m y con la ayuda del muestreador se realizó el pequeño pozo de manera vertical, con una profundidad de 20 cm y un diámetro de 2.5 pulgadas.

Procedimiento de la prueba

Para la ejecución de la prueba, primero se llenó el permeámetro con agua y se tapó muy bien, posteriormente se procedió a insertar el permeámetro dentro del pozo excavado, para que éste último se fuera llenándose poco a poco de agua hasta que su nivel llegara hasta los orificios más altos del tubo del permeámetro. Una vez instalado el permeámetro en el pozo, y habiéndose alcanzado el nivel máximo, se produjo la entrada de burbujas de aire en el permeámetro, lo cual indicaba que el proceso de infiltración había comenzado, es aquí donde se comenzó a medir el tiempo, en donde se tomaron lecturas a cada 30 segundos hasta que el permeámetro se quedó sin agua en el tubo grueso para medir el nivel. Con este procedimiento, se observó que al pasar unos minutos de iniciada la prueba, la velocidad de infiltración se volvía constante. Para que la prueba fuera correcta y no se tuvieran errores en su ejecución, se tuvo que asegurar que la posición del permeámetro fuera lo más vertical posible.

Análisis de la conductividad hidráulica saturada de campo

Los resultados obtenidos de las lecturas se anotaron en una tabla junto a la columna del tiempo de la lectura correspondiente.

La conductividad hidráulica saturada de campo (K_{fs}) se calculó con la ecuación mostrada en el capítulo 5.5.

6.6. Análisis estadístico

El resultado del análisis estadístico, tanto de la zona de estudio de Bosque de Cobos; así como la zona de La Mezquitera, está reflejado en la tabla 9 de resultados. En este estudio se enfocó en determinar la velocidad de infiltración de agua en el suelo y sus posibles causas de incremento o decremento.

Cabe hacer la observación que los resultados obtenidos no fueron respaldados por ningún laboratorio, todos son estudios de campo y ejecutados por el suscrito. Sin embargo, se presenta la normalización de dichos datos, utilizando la transformación normalizada, para así poder estandarizar los componentes de la zona de estudio y así detectar en otros lugares cuales son las causas de los incrementos o decrementos de la capacidad de infiltración en el suelo.

Regresión lineal múltiple.

Cuando se analizan varias variables es conveniente obtener análisis estadísticos acerca de la posible relación y/o asociación que existe entre la intensidad y la naturaleza de la relación entre variables pueden ser analizadas por medio de dos técnicas estadísticas: análisis de regresión y correlación, las cuáles nos ayudan a ver una conexión entre dos o más variables y asociarlas, respectivamente (Nolberto Sifuentes y Ponce Aruneri, 2008). En este caso para esta investigación no es suficiente un análisis de regresión para explicar la variable de respuesta. Es por este motivo que, en esta investigación, para poder explicar el

comportamiento de la variable dependiente se tuvo que recurrir a varias variables independientes que permitieran describir su comportamiento.

Se debe tomar en cuenta que la variable dependiente (y), es la que depende del valor tomado por la variable independiente (x).

Variable dependiente

- Velocidad de infiltración. Esta es porque se necesita conocer dicho valor con diferentes variables que pueda tener el suelo y/o la cobertura vegetal.

Variables independientes

- Porosidad.
- Materia orgánica.
- Gravas.
- Arenas.
- Finos.
- Arena.
- Limos.
- Arcillas.
- Densidad de vegetación.
- Cobertura vegetal.

Cabe mencionar que dentro dentro de las variables se tienen gravas, arenas y finos que resultan del análisis granulométrico, mientras que del análisis hidrométrico se tienen las variables arena, limos y arcillas.

La variable arena se repite dos veces, pero no son iguales, en el análisis granulométrico ésta se obtiene por medio de tamices, mientras que en el análisis hidrométrico ésta se encuentra en dentro de la muestra total del suelo y es por ese motivo que no se pueden

unir ya que son datos que se obtuvieron de una porción de suelo diferente de la misma muestra.

Para obtener una buena regresión lineal primero se debe asegurar que los datos de las variables presenten una distribución normal, para lo cual, se les aplicaron pruebas de normalidad por medio del *software minitab*.

En el caso de la velocidad de infiltración, los datos no siguen una distribución normal ya que el valor de probabilidad (p) que es el que se utiliza para rechazar o aceptar la hipótesis nula, la cual indica que los datos siguen una distribución normal, por el contrario, la hipótesis alternativa indica que los datos no siguen una distribución normal. En este caso como el valor de (p) no es mayor a 0.05 que es el valor de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa la cual nos dice que los datos no siguen una distribución normal como se muestra en la en la Figura 4.

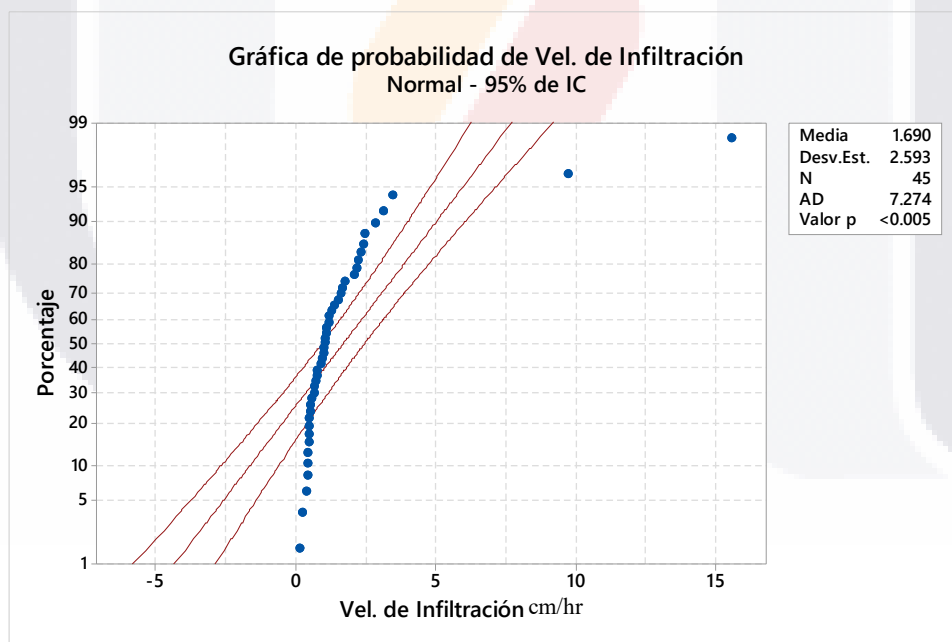


Figura 4: Prueba de normalidad de la variable dependiente Velocidad de Infiltración. Dónde Dsv.Est significa Desviación estándar, N significa número de datos y AD significa estadístico de Anderson-Darling.

Lo mismo se replicó con las demás variables independientes, se corroboró, que no todos los datos siguen una distribución normal, esto resultó contraproducente puesto que si los datos no siguen una distribución normal no se puede completar un análisis de regresión con estos. Por lo cual se recurrió a la transformación *Box Cox*, la cual permite transformar los datos no normales a normales, para así obtener las fórmulas y correlaciones necesarias en el estudio, y poder apreciar mejor el comportamiento de los datos obtenidos.

Nuevamente con ayuda del *software minitab* se realizó la transformación *Box Cox* para normalizar los datos de velocidad de infiltración, dicha transformación calcula un parámetro de transformación λ , el cual indica el tipo de transformación que se debe utilizar para poder normalizar los datos. Las posibles transformaciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7: Valores Comunes de λ y sus transformaciones.

λ	Transformación
2.00	$W_i = Y_i^2$
0.50	$W_i = \sqrt{Y_i}$
0.00	$W_i = Ln(Y_i)$
-0.50	$W_i = \frac{1}{\sqrt{Y_i}}$
-1.00	$W_i = \frac{1}{Y_i}$

En el caso de la velocidad de infiltración, el software muestra que su límite de confianza inferior de -0.43 y su límite de confianza superior de 0.15, y un valor redondeado de λ de 0.00 como se muestra en la figura 5, lo cual indicó que para normalizar los dato sería necesario utilizar la transformación logarítmica como nos indica la Tabla 7.

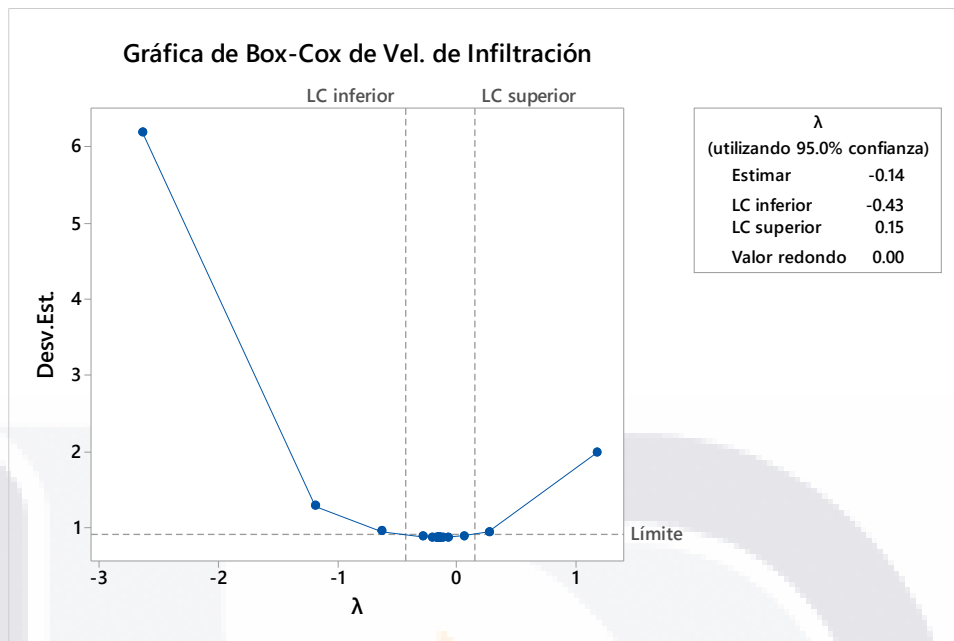


Figura 5: Transformación Box Cox para normalización de datos. Dónde LC significa Limite de Confianza.

Lo mismo se replicó con las demás variables que no seguían una distribución normal en sus datos para así lograr normalizarlos. Una vez que los datos fueron transformados, nuevamente se les aplicaron pruebas de normalidad para asegurar la normalización de los datos, en este caso como el valor de (p) es mayor a 0.05 que es el valor de significancia, se acepta la hipótesis nula cual nos dice que los datos siguen una distribución normal.

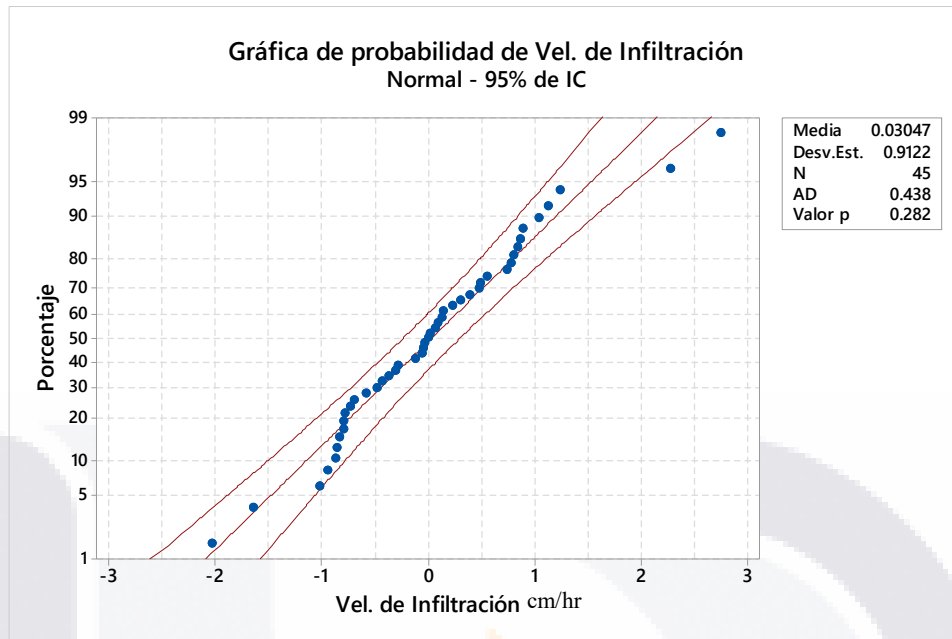


Figura 6: Prueba de normalidad de la variable dependiente Velocidad de Infiltración con los datos transformados. Dónde Dsv.Est significa Desviación estándar, N significa número de datos y AD significa estadístico de Anderson-Darling.

Teniendo los datos de las variables normalizadas, se aplicó la regresión lineal múltiple con ayuda de del *software minitab* mediante el cual se obtuvieron cuatro gráficas residuales, las cuales son: la gráfica de probabilidad normal, de errores en el modelo con respecto al valor ajustado, un histograma de los errores que se asemejan a la campana de Gauss y la gráfica de los errores con respecto al orden de la observación y se mostrarán en el capítulo de resultados Figura 7.

CAPÍTULO 7. Resultados

RESULTADOS DE BOSQUE DE COBOS

PARCELAS ABIERTAS

- Características de los suelos

Las características encontradas en los suelos del estudio realizado en el Bosque de Cobos a las parcelas abiertas, nos muestran que según el triángulo de texturas la parcela 4 en su mayoría está conformado por arena fina franca, en la parcela 10; se encuentra textura franco arenoso grueso, mientras que en la parcela 6 se observa arena fina, arena fina franca, arena fina gruesa y arena media, por último en la parcela 8 la conforman arena fina franca, franco arenoso fino y arena fina. Se observan suelos más uniformes en las parcelas topográficamente altas respecto a las topográficamente bajas como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Clase Textural de los suelos según triángulo de texturas, parcelas abiertas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Prueba de Hidrómetro			Clase Textural
		% Arena	% Limos	% Arcillas	
4	1	82.40	15.60	2.00	Arena fina franca (AFF)
4	2	79.60	10.60	9.80	Arena muy fina franca (AMFR)
4	3	80.40	15.20	4.40	Arena fina franca (AFF)
4	4	87.10	5.30	7.60	Arena fina franca (AFF)
4	5	82.85	7.05	10.10	Arena fina franca (AFF)
10	33	58.00	23.00	19.00	Franco arenoso grueso (FAG)
10	34	73.10	14.60	12.30	Franco arenoso grueso (FAG)
10	35	75.60	8.90	15.50	Franco arenoso grueso (FAG)
10	36	76.70	9.70	13.60	Franco arenoso grueso (FAG)
10	37	72.70	7.50	19.80	Franco arenoso grueso (FAG)
6	23	88.25	9.60	2.15	Arena fina (AFi)
6	24	84.20	11.70	4.10	Arena fina franca (AFF)
6	25	84.35	8.95	6.70	Arena fina franca (AFF)
6	26	83.50	10.70	5.80	Arena fina gruesa (AFG)
6	27	87.30	7.00	5.70	Arena media (AM)
8	18	84.20	14.60	1.20	Arena fina franca (AFF)
8	19	68.00	19.50	12.50	Franco arenoso fino (FAF)
8	20	91.70	4.40	3.90	Arena fina (AFi)
8	21	77.95	12.95	9.10	Franco arenoso fino (FAF)
8	22	86.15	8.10	5.75	Arena fina franca (AFF)

- Velocidad de infiltración

Con respecto a la velocidad de infiltración las pruebas realizadas con el permeámetro en el Bosque de Cobos a las parcelas abiertas nos muestran velocidades de infiltración entre 0.46 a 1.48 cm/hr para la parcela 4 y de 0.39 a 1.14 cm/hr para la parcela 10, esta misma parcela presenta un valor atípico de 15.53 cm/hr, 1.34 a 3.09 cm/hr para la parcela 6 y de 0.19 a 2.83 cm/hr para la parcela 8, esta última presenta un valor atípico de 9.71 cm/hr. Siendo las parcelas topográficamente altas las que poseen velocidades de infiltración más altas, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Velocidades de Infiltración de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Vel. de Infiltración (cm/hr)
4	1	1.48
4	2	0.65
4	3	1.01
4	4	0.75
4	5	0.46
10	33	0.39
10	34	1.14
10	35	0.68
10	36	0.89
10	37	15.53
6	23	3.09
6	24	1.63
6	25	1.73
6	26	2.08
6	27	1.34
8	18	0.45
8	19	0.19
8	20	2.83
8	21	1.00
8	22	9.71

- Porosidad

En cuanto a la porosidad, la parcela 4 se encontraron en valores que oscilan entre 12 a 33 %, para la parcela 10 en el estudio se determina de 18 a 32 %, en la parcela 6 se registró una oscilación de entre 18 y 34 %, y para la parcela 8 se presentó una variante de 10 a 28 %, siendo la parcela 6 la que presenta valores de porosidad más altos como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Porcentajes de porosidad de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Porosidad (%)
4	1	19%
4	2	27%
4	3	12%
4	4	33%
4	5	24%
10	33	18%
10	34	26%
10	35	26%
10	36	26%
10	37	32%
6	23	18%
6	24	20%
6	25	19%
6	26	29%
6	27	34%
8	18	21%
8	19	21%
8	20	10%
8	21	27%
8	22	28%

- Densidad de vegetación

Los resultados arrojados de las densidades de vegetación resultantes en el presente estudio fue para la parcela 4 de 0.15 árboles/m², para la parcela 10 de 0.17 árboles/m², para la parcela 6 de 0.04 árboles/m² y para la parcela 8 de 0.02 árboles/m². En lo anterior se puede observar que las parcelas topográficamente altas son las que tienen mayor densidad de vegetación; con respecto a las parcelas topográficamente bajas como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Densidades de vegetación de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Tipo	Densidad de Veg. (árboles/m ²)
4	Abierta	0.15
10	Abierta	0.17
6	Abierta	0.04
8	Abierta	0.02

- Cobertura vegetal

El cálculo de la cobertura vegetal nos arrojó resultados para la parcela 4 de 4.94 m² y para la parcela 10 de 2.82 m², para la parcela 6 de 81.33 m² y para la parcela 8 de 1.23 m², como se muestra en la Tabla 12. La parcela 6 con mayor cobertura vegetal de las cuatro parcelas abiertas.

Tabla 12: Cobertura vegetal de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Tipo	Cobertura Vegetal Total (m ²)
4	Abierta	4.94
10	Abierta	2.82
6	Abierta	81.33
8	Abierta	1.23

- Materia orgánica

En cuanto a la materia orgánica, la parcela 4 reflejaron valores de entre 2.38 a 9.09 % y para la parcela 10 de 3.25 a 10.38 %, la parcela 6 posee valores de entre 1.53 a 9.09 % y para la parcela 8 de 1.16 a 9.09 % como se indican en la Tabla 13.

Tabla 13: Porcentaje de materia orgánica de las parcelas abiertas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Mat. Orgánica (%)
4	1	9.09
4	2	2.76
4	3	9.09
4	4	9.09
4	5	2.38
10	33	9.09
10	34	9.09
10	35	3.56
10	36	3.25
10	37	10.38
6	23	9.09
6	24	9.09
6	25	2.60
6	26	2.15
6	27	1.53
8	18	9.09
8	19	9.09
8	20	1.16
8	21	5.36
8	22	3.07

PARCELAS CERRADAS

- Características de los suelos

Las características de los suelos del estudio realizado a las parcelas cerradas en el Bosque de Cobos, nos muestran que según el triángulo de texturas nos presentan una conformación de suelo similar y variante, la parcela 11 por suelo franco arenoso fino y arena fina franca, la parcela 1 por franco arenoso fino, arena fina franca y arena fina, la parcela 7 arena fina franca y franco arenoso fino, por último, a la parcela 9 franco arenoso fino y arena fina franca. Nuevamente se observan suelos más uniformes en las parcelas topográficamente altas con respecto a las topográficamente bajas como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Clase Textural de los suelos según triángulo de texturas, parcelas cerradas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Prueba de Hidrómetro			Clase Textural
		% Arena	% Limos	% Arcillas	
11	38	74.10	18.90	7.00	Franco arenoso fino (FAF)
11	40	84.20	12.60	3.20	Arena fina franca (AFF)
11	41	79.50	8.80	11.70	Franco arenoso fino (FAF)
11	42	78.90	10.40	10.70	Franco arenoso fino (FAF)
11	43	86.05	7.25	6.70	Arena fina franca (AFF)
1	6	80.15	6.35	13.50	Franco arenoso fino (FAF)
1	7	76.00	19.30	4.70	Arena fina franca (AFF)
1	8	78.30	19.40	2.30	Arena fina franca (AFF)
1	9	78.00	8.80	13.20	Franco arenoso fino (FAF)
1	10	70.00	26.00	4.00	Arena fina (AFi)
7	28	86.20	9.65	4.15	Arena fina franca (AFF)
7	29	60.00	33.20	6.80	Franco arenoso fino (FAF)
7	30	73.90	17.25	8.85	Franco arenoso fino (FAF)
7	31	85.70	6.70	7.60	Arena fina franca (AFF)
7	32	72.10	18.60	9.30	Franco arenoso fino (FAF)
9	11	66.00	25.20	8.80	Franco arenoso fino (FAF)
9	12	64.00	29.60	6.40	Franco arenoso fino (FAF)
9	15	79.50	12.70	7.80	Arena fina franca (AFF)
9	16	67.00	21.00	12.00	Franco arenoso fino (FAF)
9	17	68.20	17.90	13.90	Franco arenoso fino (FAF)

- Velocidad de infiltración

Con respecto a la velocidad de infiltración de las pruebas realizadas con el permeámetro en el Bosque de Cobos a las parcelas cerradas, nos indica velocidades de infiltración en la parcela 11 de entre 0.42 a 1.25 cm/hr, para la parcela 1 de 0.36 a 0.96 cm/hr., en la cual se presenta un valor atípico de 2.32 cm/hr, para la parcela 7 de 0.62 a 1.60 cm/hr y para la parcela 9 de 0.42 a 0.94 cm/hr, en esta última también se presenta un valor atípico de 3.42 cm/hr. Siendo las parcelas topográficamente bajas las que poseen velocidades de infiltración más altas, como se aprecia en la Tabla 15.

Tabla 15: Velocidades de Infiltración de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Vel. de Infiltración (cm/seg)
11	38	0.44
11	40	0.45
11	41	1.25
11	42	0.42
11	43	1.09
1	6	0.48
1	7	2.32
1	8	0.96
1	9	0.36
1	10	0.50
7	28	0.62
7	29	1.07
7	30	1.15
7	31	1.60
7	32	0.95
9	11	0.94
9	12	0.73
9	15	0.56
9	16	0.42
9	17	3.42

- Porosidad

En cuanto a la porosidad se determinan en el presente estudio los siguientes valores, en la parcela 11 entre 22 a 29 %, en la parcela 1 de entre 13 a 32 %, en la parcela 7 de entre 11 a 36 % y en la parcela 9 de entre 28 a 38 %, siendo las parcelas topográficamente bajas las que poseen los valores de porosidad más altos como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Porcentajes de porosidad de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Porosidad (%)
11	38	22%
11	40	23%
11	41	28%
11	42	29%
11	43	26%
1	6	18%
1	7	26%
1	8	19%
1	9	13%
1	10	32%
7	28	27%
7	29	19%
7	30	11%
7	31	28%
7	32	36%
9	11	28%
9	12	30%
9	15	28%
9	16	38%
9	17	25%

- Densidad de vegetación

Los resultados del estudio arrojados en lo que respecta a las densidades de vegetación son para la parcela 11 de 0.14 árboles/m², para la parcela 1 de 0.20 árboles/m², para la parcela 7 de 0.10 árboles/m² y para la parcela 9 de 0.06 árboles/m². Siendo las parcelas topográficamente altas las que tienen mayores densidades de vegetación con respecto a las parcelas topográficamente bajas como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Densidades de vegetación de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Tipo	Densidad de Veg. (arboles/m ²)
11	Cerrada	0.14
1	Cerrada	0.20
7	Cerrada	0.10
9	Cerrada	0.06

- Cobertura vegetal

El resultado del estudio del censo de vegetación nos aproxima a un cálculo de la cobertura vegetal; él cual nos arroja los siguientes valores: para la parcela 11 de 1480.99 m², para la parcela 1 de 2420.57 m², para la parcela 7 de 1494.44 m² y para la parcela 9 de 1869.49 m², como se detalla en la Tabla 18. La parcela 1 con mayor cobertura vegetal.

Tabla 18: Cobertura vegetal de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Tipo	Cobertura Vegetal Total (m ²)
11	Cerrada	1480.99
1	Cerrada	2420.57
7	Cerrada	1494.44
9	Cerrada	1869.49

- Materia orgánica

En cuanto a la materia orgánica se determinan los siguientes valores, para la parcela 11 de 1.84 a 9.09 %, para la parcela 1 de 1.44 a 9.09 %, para la parcela 7 de 1.76 a 9.09 % y para la parcela 9 de 3.33 a 9.09 % como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19: Porcentaje de materia orgánica de las parcelas cerradas del Bosque de Cobos.

Parcelas	Muestras	Mat. Organica (%)
11	38	9.09
11	40	9.09
11	41	2.87
11	42	1.84
11	43	2.98
1	6	4.13
1	7	9.09
1	8	9.09
1	9	1.44
1	10	2.87
7	28	9.09
7	29	9.09
7	30	3.24
7	31	1.76
7	32	2.31
9	11	9.09
9	12	9.09
9	15	3.33
9	16	3.82
9	17	3.75

RESULTADOS MEZQUITERA

- Características de los suelos

Las características de los suelos del estudio realizado, nos muestra que, según el triángulo de texturas de suelo en La Mezquitera, está conformado por franco arenoso fino y por arena fina franca. En esta zona de estudio; se hace evidente que este es un suelo más uniforme en la Tabla 20.

Tabla 20: Clase Textural de los suelos según triángulo de texturas, de La Mezquitera.

Parcelas	Muestras	Prueba de Hidrómetro			Clase Textural
		% Arena	% Limos	% Arcillas	
Mezquitera	46	72.50	11.70	15.80	Franco arenoso fino (FAF)
Mezquitera	47	71.80	11.20	17.00	Franco arenoso fino (FAF)
Mezquitera	48	75.90	15.10	9.00	Franco arenoso fino (FAF)
Mezquitera	49	65.50	20.50	14.00	Franco arenoso fino (FAF)
Mezquitera	50	75.80	16.40	7.80	Arena fina franca (AFF)

- Velocidad de infiltración

Con respecto a la velocidad de infiltración las pruebas realizadas con el permeámetro en La Mezquitera nos muestran velocidades de infiltración de 0.13 cm/hr a la prueba que se hizo cerca de los nopales, de 2.38 cm/hr para la prueba que se hizo cerca de huizaches, de 2.16 a 2.21 cm/hr para las pruebas que se hicieron cerca de los mezquites y de 2.42 cm/hr para la prueba que se hizo cerca de los pirules. Encontrando en la prueba de que se hizo cerca de los nopales; la que tiene una menor velocidad de infiltración, como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21: Velocidades de Infiltración de La Mezquitera.

Parcelas	Muestras	Vel. de Infiltración (cm/seg)	Especie cercana a la prueba de infiltración
Mezquitera	46	0.13	Nopales
Mezquitera	47	2.38	Huizaches
Mezquitera	48	2.16	Mezquites
Mezquitera	49	2.21	Mezquites
Mezquitera	50	2.42	Pirul

- Porosidad

En cuanto a la porosidad, el resultado del estudio hecho a las muestras recolectadas en La Mezquitera, nos indican una porosidad de entre 31 a 39 % como se aprecia en la tabla 22.

Tabla 22: Porcentajes de porosidad de La Mezquitera.

Parcelas	Muestras	Porosidad (%)
Mezquitera	46	33%
Mezquitera	47	39%
Mezquitera	48	34%
Mezquitera	49	31%
Mezquitera	50	36%

- Densidad de vegetación

Los resultados arrojados de las densidades de vegetación nos reflejan que La Mezquitera tiene una densidad de vegetación de 0.01 árboles/m², como se registra en la Tabla 23.

Tabla 23: Densidades de vegetación de La Mezquitera.

Parcelas	Tipo	Densidad de Veg. (árboles/m ²)
Mezquitera		0.01

- Cobertura vegetal

El resultado del estudio del censo de vegetación; nos permite calcular la cobertura vegetal en La Mezquitera de 2981.26 m², como se indica en la Tabla 24.

Tabla 24: Cobertura vegetal de La Mezquitera.

Parcelas	Tipo	Cobertura Vegetal
		Total (m ²)
Mezquitera		2981.26

- Materia orgánica

En cuanto a la materia orgánica, los resultados del estudio hecho al suelo de La Mezquitera nos reflejan un porcentaje de materia orgánica de 2.38 a 7.02 %, como se detalla en la Tabla 25.

Tabla 25: Porcentaje de materia orgánica de La Mezquitera.

Parcelas	Muestras	Mat. Organica (%)
Mezquitera	46	3.78
Mezquitera	47	7.02
Mezquitera	48	4.13
Mezquitera	49	4.85
Mezquitera	50	2.38

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL BOSQUE DE COBOS Y LA MEZQUITERA

Como resumen del análisis estadístico, a continuación, se compactan los resultados en las gráficas de residuos “cuatro en uno” denominada Figura 7.

En la primera gráfica (Figura 7-A) es de probabilidad normal de los residuos de los errores del modelo, estos residuos se ajustan a la línea normalizada, lo cual indica que existe un comportamiento normal, es decir que los valores no se encontraran sesgados a ningún lado; así mismo nos muestra que solo tenemos un dato atípico, que es el valor residual que se encuentra antes del -2; esto según la regla de los residuales estandarizados.

La segunda gráfica (Figura 7-B) muestra los errores del modelo con respecto al valor ajustado, es decir el valor de (“y”) estimado, y los de velocidad de infiltración para ambas zonas. Así mismo, esta grafica detalla puntos arriba y puntos abajo, lo cual indica un comportamiento normal de los errores del modelo puesto que se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95%; de lo contrario solo se mostrarían puntos arriba o abajo lo cual indicaría que los errores del modelo no seguirían una distribución normal ya que se encontrarían sesgados.

La tercera gráfica (Figura 7-C) es un histograma de los errores que se asemeja a la campana de Gauss, lo cual indica que los datos siguen una distribución normal.

Por último, se presenta una gráfica (Figura 7-D) de los errores con respecto al orden de la observación, aquí se tienen valores por arriba e inferiores en el espacio de la gráfica, lo cual nos indica que los errores tienen un comportamiento normal. En conclusión, se puede apreciar que los errores observados en las gráficas tienen un comportamiento normal, y cumplen una de las condiciones de la regresión lineal múltiple; la cual nos indica que los errores tienen que distribuirse normalmente.

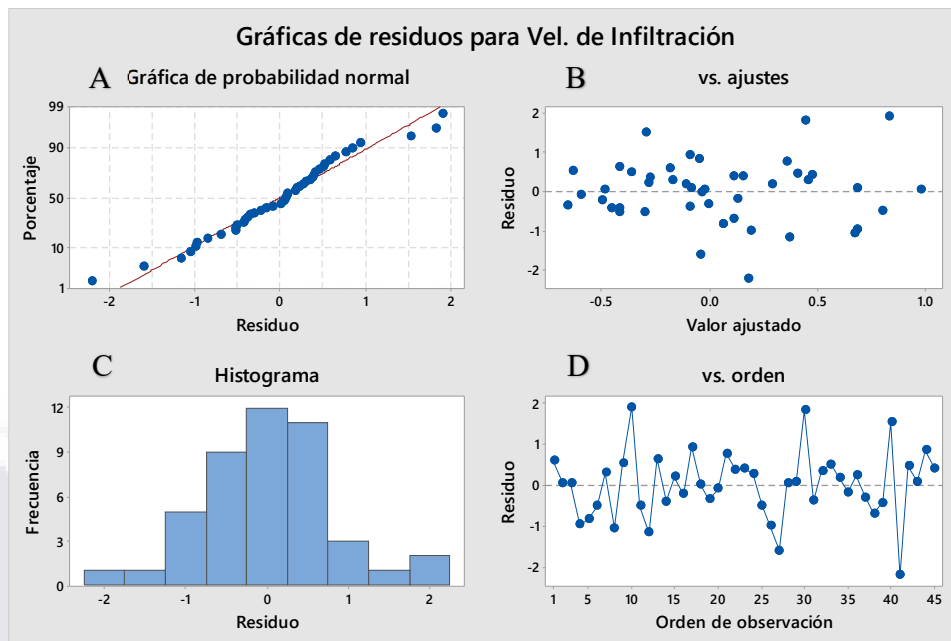


Figura 7: Gráficas de residuos cuatro en uno para velocidad de infiltración de ambas zonas de estudio.

A continuación, se observan los resultados de la ecuación de regresión lineal múltiple:

$$\begin{aligned}
 \text{Vel. de Infiltración} = & 12.0 - 0.24 \% \text{ Porosidad} + 0.024 \% \text{ Mat. Orgánica} - 0.0118 \% \text{ Arena} \\
 & - 0.53 \% \text{ Limos} - 0.0572 \% \text{ Arcillas} - 0.589 \% \text{ Gravas} \\
 & - 0.000619 \% \text{ Arenas} - 1.333 \% \text{ Finos} - 3.17 \text{ Densidad de Vegetación} \\
 & + 0.0414 \text{ Cobertura Vegetal}
 \end{aligned}$$

En la Tabla 26, se muestra los “coeficientes β ” que es el número que multiplica a cada variable en la ecuación, también nos muestra un valor “T” de distribución, y un valor “P” de probabilidad, el cual representa que variables son las que contribuyen significativamente en el modelo de regresión lineal múltiple y se puede interpretar como una prueba de hipótesis, donde nos interesa probar cuales son las variables que contribuyen más en el modelo, tomando el criterio de que los valores de $P < 0.05$ son los que contribuyen significativamente al modelo de regresión lineal múltiple. Concluyendo de este análisis que tenemos la variable que influye más en este modelo; es la densidad de vegetación, lo anterior no quiere decir que las demás variables no tengan influencia sobre la velocidad de

infiltración, solo indica que la densidad de vegetación es la que más contribuye al modelo realizado.

Tabla 26: Tabla de coeficientes. Dónde Coef significa coeficiente de β , EE significa error estándar, T que es un valor que mide relación entre el coeficiente y su error estándar, p es un valor de probabilidad que nos indica que factores contribuyen al modelo y finalmente FIV significa factor de inflación de la varianza.

Término	Coef.	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	12.0	11.2	1.07	0.291	
% Porosidad	-0.24	2.52	-0.10	0.925	1.66
% Mat. Orgánica	0.024	0.258	0.09	0.927	1.69
% Arena	-0.0118	0.0851	-0.14	0.891	23.61
% Limos	-0.53	1.22	-0.43	0.668	17.38
% Arcillas	-0.0572	0.0875	-0.65	0.518	8.71
% Gravas	-0.589	0.393	-1.50	0.143	12.91
% Arenas	-0.000619	0.000372	-1.67	0.105	8.09
% Finos	-1.333	0.721	-1.85	0.073	7.17
Densidad de Vegetación	-3.17	1.48	-2.14	0.040	1.62
Cobertura Vegetal	0.0414	0.0598	0.69	0.494	1.79

En la Tabla 27, se presenta un resumen del modelo de regresión lineal, en el cual se observa la desviación estándar “S”, el coeficiente de determinación “R-cuadrada”; conocedores de que para que el modelo de regresión sea aceptable este valor tiene que ser lo más cercano al 100%. En el modelo de análisis, el valor de regresión que se obtuvo fue, un R-cuadrada de 21.77%, el cual es un valor bajo, pero por la naturaleza de extracción de los datos, que fueron trabajados totalmente de campo y no fue un modelo de experimento diseñado, se contempló un resultado con valor bajo.

Tabla 27: Resumen del modelo.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.917851	21.77%	0.00%	0.00%

CAPÍTULO 8. Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos del presente estudio, las mayores velocidades de infiltración se presentan en las parcelas topográficamente bajas y abiertas, mientras que las parcelas topográficamente altas y abiertas son las que presentan menores velocidades de infiltración. Esto puede compararse con el estudio hecho por Mena (2018) en el cual se menciona que, en suelos secos, la velocidad de infiltración de agua al inicio es alta, pero poco a poco esta va disminuyendo. En otras palabras, cuando a la superficie de un suelo se pone en contacto con agua, el suelo llegará a un punto alcance un alto grado de saturación, lo cual provocará que el exceso de agua aplicada comience a escurrir o se acumule en la superficie dependiendo las condiciones de pendiente del terreno. En el mismo estudio, Mena (2018) también menciona que en suelos con pendientes pronunciadas como lo son las parcelas topográficamente altas y abiertas, existen grandes escurrimientos de agua, y en suelos con pendientes suaves, como los de las parcelas topográficamente bajas y abiertas, se encuentran pequeñas formaciones de cuerpos de agua. En el presente estudio se observa que la corriente de la parte baja se conecta hidráulicamente con la presa pargas, que promueven la infiltración.

Con los resultados obtenidos de la cobertura vegetal se puede mencionar que las parcelas que presentan las mayores velocidades de infiltración son las parcelas topográficamente altas y abiertas, es decir, las que tienen menor cobertura vegetal por ser abiertas, lo cual es comparable con lo mencionado por Carroll (2000), quien indica que las velocidades de infiltración en zonas de baja cobertura vegetal o de suelos desnudos tiende a ser mayor en zonas de un clima semiárido, condiciones similares a la zona de Bosque de Cobos.

Por otro lado; en la zona de estudio de La Mezquitera se tiene el caso contrario, en el cual existen altas velocidades de infiltración y alta cobertura vegetal. Las altas velocidades de infiltración que presenta La Mezquitera, se puede explicar con lo mencionado por Yang (2018) quien indica que el contenido de agua en el suelo y la cobertura vegetal van de la mano de acuerdo con las estaciones de año, en donde el efecto de la vegetación en el almacenamiento de agua en el suelo es mayor en la estación de seca que en la húmeda. En

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

este caso como La Mezquitera tiene un sistema de riego para mantenimiento de la vegetación, esta no tiene la necesidad de retener el agua por lo cual en estas zonas se tienen altas velocidades de infiltración con coberturas vegetales altas.

Por otro lado, en Bosque de Cobos, al momento de efectuar las pruebas de infiltración; la cuales se desarrollaron en estación seca, la vegetación pudo no requerir riego para supervivencia, pues por sus características, ésta zona pudo mantener cierta cantidad de humedad en el suelo, lo cual repercutió en la cantidad de agua que entraba en él, por lo cual las pruebas arrojaron velocidades de infiltración bajas debido por la humedad ya existente en el suelo.

En la práctica, al efectuar las pruebas de infiltración, se presentaron anomalías, es decir se encontraron velocidades de infiltración muy superiores al promedio, indicando a continuación las parcelas con tal condición: la parcelas 10 topográficamente alta y abierta, prueba 37; la parcela 8 topográficamente baja y abierta, prueba 22; la parcela 1 topográficamente alta y cerrada, prueba 7; y la parcela 9 topográficamente baja y cerrada, prueba 17. Lo anterior se puede explicar mediante el estudio de Bronson (1981), en el cual se menciona que los viejos canales de las raíces de la vegetación y otros macroporos, pueden causar un aumento de la infiltración, creando grandes huecos que permite el transporte del agua desde la superficie de manera más rápida que los procesos normales de infiltración. En este caso, como el Bosque de Cobos, antes de ser un área natural protegida, fue perturbada por la industria de la construcción, por ejemplo, para la instalación del tendido eléctrico, proceso constructivo para el cual fue necesario el despalme en la zona arrancando de raíz algunas especies arbustivas, dejando grandes oquedades que coincidieron con los puntos donde se tomó la prueba de infiltración.

En La Mezquitera, al momento de realizar la prueba 46; se presentó una anomalía diferente, en este punto el agua que se infiltraba era muy poca en comparación a las 4 restantes. Esta anomalía puede ser explicada por Saval (1998) el cual menciona que la restauración ocurre cuando se planta algún tipo de vegetación autóctona, alóctona o mixta, y que la industria de la construcción muchas veces solo se coloca los restos de la excavación

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

sobre los desechos sólidos y se planta. Lo cual nos hace pensar que ubicación del área de la prueba de infiltración, al estar al costado de un edificio de la universidad, se deduce que al cimentar o con el paso de la maquinaria impactaron y compactaron el terreno, haciéndolo menos permeable lo cual ocasionó que en este punto la velocidad de infiltración fuera muy baja.

En cuanto a los suelos, los espacios porosos que quedan entre las gravas y las arenas pueden ser llenados por limos, arcillas o materia orgánica, disminuyendo la permeabilidad del suelo, aunado a esto, las raíces de la vegetación pueden retener dichas arcillas y limos, cementarlo y compactarlo, generando capas de suelo impermeables (Silberstein, *et. al.*, 2000). Un aspecto a considerar es el potencial aumento de la permeabilidad secundaria, generando una mayor densidad de vegetación, eso en zonas con pendientes suaves. Caso contrario que en lugares con pendientes muy pronunciadas, la vegetación podra hacer muy poco para la infiltración, pues los escurrimientos superficiales arrastraran la materia orgánica generando un deficit de la permeabilidad secundaria, lo cual hace importante preservar la vegetación es en estas zonas para que la infiltración no se vea afectada. Lo anterior va de la mano con la porosidad del suelo, la cual se debe mantener para que se pueda dar la infiltración, función que la cobertura vegetal efectúa por si misma; pues protege al suelo del impacto del agua de lluvia evitando la compactación del suelo y por ende la reducción de los poros (Bhark y Small, 2003; Rango A., *et al.*, 2006).

Por ultimo, cabe mencionar que la recarga de agua subterránea está condicionada por el tipo de clima, principalmente el volumen de precipitación, Además, la permeabilidad del suelo está directamente relacionada con el tipo de textura y porosidad del suelo, lo que hace que estos dos factores encuentren armonía es la vegetación ya que es el puente entre el clima y la permeabilidad del suelo para que se tenga un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos (Davis y Masten, 2005).

CAPÍTULO 9. Conclusiones

Con todo lo anterior, podemos concluir que es un gran reto la preservación de la vegetación y medio ambiente. Como injerencia directa en el área de construcción y urbanismo es de suma importancia considerar e implementar materiales, recursos y tecnología a fin de lograr que en suelos con pendientes pronunciadas; que en tiempo de lluvias tienden a tener grandes escurrimientos y son zonas las cuales se vuelven muy vulnerables a perder la permeabilidad secundaria la cual es un aspecto muy importante para que se tenga una mayor infiltración. Al obtener grandes coberturas vegetales, se aumentará la permeabilidad secundaria, lo cual resultará en mayores infiltraciones.

Con lo anterior se puede concluir que grandes densidades de vegetación generan bajas infiltraciones. Lo anterior, sustentado por el análisis estadístico el cual demostró que la densidad de vegetación es la que tiene mayor influencia en la velocidad de infiltración, el análisis estadístico mostró además que entre menor sea la densidad de vegetación existirán mayores velocidades de infiltración. El clima, la vegetación y la permeabilidad del suelo son tres factores principales para que una zona tenga un óptimo aprovechamiento de los recursos hídricos.

El presente estudio nos muestra que, los suelos de grano gruesos, con porosidades altas, alto porcentajes de limos, bajo porcentajes de arcillas, bajo porcentaje de materia orgánica, bajas densidades vegetación y altas coberturas vegetales, presentarán altas velocidades de infiltración, por lo que se pueden considerar como zonas de recarga de aguas subterráneas

Como una propuesta visual a lo anteriormente detallado; se propone la siguiente ecuación que describe las velocidades de infiltración:

$$\begin{aligned} \text{Infiltración } \uparrow &= \text{suelo grueso } \uparrow + \text{porosidad } \uparrow + \text{limos } \uparrow + \text{Arcillas} \\ &\downarrow + \text{materia organica } \downarrow + \text{densidad } \downarrow + \text{cobertura } \uparrow \end{aligned}$$

El presente estudio no representa grandes áreas de oportunidad, a fin de evitar y/o detener la evidente desertificación que está sufriendo poco a poco la ciudad de

Aguascalientes. En ese aspecto, la zona de La Mezquitera es un ejemplo de que las construcciones pueden ser amigables con el medio ambiente dentro del entorno urbano, logrando una convivencia benéfica entre infraestructura y naturaleza, porque a pesar de haber realizado procesos constructivos que en su momento dañaron el entorno, con el tiempo y con la ejecución de este proyecto de investigación se pudo constatar que el ecosistema no se ha visto afectado, por el contrario; la plantación de especies exóticas han aceptado el cambio, al igual que las especies nativas ya existentes, parte de esto por la infraestructura construida, como lo fue el sistema de riego.



CAPÍTULO 10. Referencias

- Almorex A., J., Francisco L., B., y Rafaelli, S. (2010). La degradación de los suelos por erosión hídrica. Murcia: Universidad de Murcia.
- Bardosa M., Salvador F., Rubio .G, Sánchez C., y Contreras H. (2016). Dinámica del agua de lluvia en árboles Dinámica del agua de lluvia en árboles. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1179-1188.
- Bhark, E., y Small , E. (2003). *Association between Plant Canopies and the Spatial Patterns of Infiltration in Shrubland and Grassland of the Chihuahuan Desert, New Mexico. Ecosystems*, 6, 185-196. doi:10.1007/s10021-002-0210-9
- BIODIVERSIDAD MEXICANA. (20 de 06 de 2021). BIODIVERSIDAD MEXICANA. Obtenido de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral>
- Carroll, C., y Tucker, A. (2000). *Effect of pasture cover on soil erosion and water quality on central Queensland coal minerehabilitation. Tropical Grasslands*, 254-262.
- Cerda, A. (1995). Factores y variaciones espacio-temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterraneos. Monografías Científicas. Geformas Ediciones. Logroño.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2010). Estrategia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad del estado de aguascalientes. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), IMAE (Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes), UAA (Universidad Autónoma de Aguascalientes). (2008). La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. México: ISBN: 978-970-9000-45-0.
- CONAGUA (2021). Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Crespo, C. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. México: Limusa.
- Moret-Fernández, M. L. (s.f.). Un método sencillo para la estimación de la porosidad de un agregado de suelo. *Estudios en la Zona No Saturada*. Vol. XII, 3-7.
- Davis , M., y Masten, S. (2005). Ingeniería y ciencias ambientales. México: McGraw-Hill.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo.

- DESDELARED. (2021). Obtenido de <http://www.desdelared.com.mx>
- DOF (2019) Diario Oficial de la Federación. Área natural protegida Bosque de Cobos-Parga. Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes , págs. 62-69.
- Duran-Herrera, A. (1998). La Durabilidad del Concreto Afectada por la Contaminación Ambiental. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Elrick, D., y Reynolds., W. (1986). *An analysis of the percolation test based on three-dimensional saturated-unsaturated flow from a cylindrical test hole. Soil Science.*, 142, 308-321.
- Elrick, D.E., Reynolds, W.D., y Tan. (1989). K.S. *Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. Ground Water Monit*, 9, 184-193.
- Esparza-Esparza, M. (2019). Influencia del mezquite (*prosopis laeviagata*), huizache (*acacia farnesiana*) y del pirul (*schinus molle*) en la infiltración de agua en el suelo. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- FAO. (2021). PONER QUE SIGNIFICAN LAS SIGLAS. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s08.htm#fnB2>
- Figueroa, R. (2017). Efecto de especies nativas y silvestres de Lupinus sobre la fertilidad del suelo agrícola. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Departamento de Biotecnología.
- Flores, E., Frías, J., Jurado, P., Figueroa, J., Olalde, V., y Valdivia, A. (2006). Influencia del gatuño (*Mimosa monancistra Benth.*) en la infiltración de agua y la cantidad de forraje en pastizales con diferente grado de disturbio en el altiplano central mexicano. *Técnica Pecuaria en México*, 44(1), 27-40. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/613/61344103.pdf>
- Floriano González, X. A. (2020). Potencial de infiltración de agua ante la dinámica del matorral espinoso *crasicaule* y suelo en el suroriente del municipio de aguascalientes. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations.* (2019). Bosque, medio ambiente y necesidades del hombre, Medida de la tensión de la humedad del suelo. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/f3730s07.htm#medida de la tensión de la humedad del suelo>

- García-Fayos. (2004). Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. En F. Valladares, Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. p 309-334.
- Guardiño, V., Giordano, N., Ávila, A., Hernández, V., Sámano, A., y Díaz, J. (2008). Estudio hidrológico del sistema acuífero de Morelia, Michoacán, para una correcta planeación del territorio.
- Geo Asset S. de R.L. de C.V. (2021). consultaspublicas.semarnat.gob.mx. Obtenido de <http://consultaspublicas.semarnat.gob.mx/expediente/ags/estudios/2018/01AG2018FD002.pdf>
- Gomez R. (2017). *PennState Extension*. Obtenido de <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>
- Gómez, A., Gómez, A., Batlle, J., Zepeda, H., Guevara, M., Maldonado, S., y Pintor, E. (2008). Conductividad hidráulica saturada de campo: uso de un infiltrómetro de carga constante y anillo sencillo. *Terra latinoamericana*, 287-297.
- Guerrero, L., Hernández, M., y Burbey, T. (2018). *Estimation of natural groundwater recharge in the Aguascalientes semiarid valley, Mexico*. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 35(3), 268-278. doi:10.22201/cgeo.20072902e.2018.3.1022
- Hernández, M., Guerrero, L., Zermeño, A., Rodríguez, L., Burbey, T., Pacheco, J., . . . González, N. (2018). *Spatial and temporal variation of natural recharge in the semi-arid valley of Aguascalientes, Mexico*. *Hydrogeology Journal*, 26(8), 2811-2826.
- Igarra, O., Paz F., J., Mirás A., J., y Vidal V., E. (2007). Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo. *CORUÑA*, 127-137.
- IMPLAN. (2007). Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Aguascalientes 2030 "la Ciudad que queremos". Periodico Oficial del Estado de Aguascalientes, págs. 1-276.
- INEGI. (1993). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estudio Hidrológico del Estado de Aguascalientes. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. (2015). Anuario estadístico y geografía de Aguascalientes 2015. INEGI. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2020). INEGI. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2021). Gobierno de México . Obtenido de <https://www.gob.mx/imta/articulos/aguas-subterranas>
- Juárez Badillo , E., y Rico Rodríguez, A. (1973). Mecánico de suelos, Tomo I, Fundamentos de la mecánica de suelos. México: Editorial Limusa, S. A.
- Juárez Badillo, E., y Rico Rodríguez, A. (2005). Mécanica de suelos (Vol. Tomo 1). México: Limusa. doi:624.1513-dc21
- Kremer, J. (1974). Relaciones hidricas de Suelos y Plantas. México D.F.: Edutex S.A.
- Luna, D., Sánchez, C., y Muñoz, J. (2005). Métodos para medir la conductividad hidráulica saturada de campo. Ingeniería hidráulica en México, 20(2), 95-107.
- Luna, R. (2014). Variabilidad morfológica y genética del mezquite *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) en el estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias. Aguascalientes: Tesis de maestría.
- Martínez S., A., y Damián H., S. (1999). Catalogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigacion. Sanfandila, Qro: SCT.
- Medina González, H., García Coronado, J., y Núñez Acosta, D. (2007). El método del hidrómetro: base teórica para su empleo en la determinación de la distribución del tamaño de partículas de suelo. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19-24.
- Mena, B. (2018). Infiltración de agua en suelos ridereños con distinto tipo de vegetación sobre un sistema fluvial en el Parque Nacional Izta-Popo y zonas de influencia. Universidad Nacional Autónoma De México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México: Tesis de licenciatura.
- Moret-Fernández, D., y López, M. (2015). Un método sencillo para la etimación de la porosidad de un agregado de suelo. Estudios en la Zona No Saturada, 3-6.
- Nolberto Sifuentes, V. A., y Ponce Aruneri, M. E. (2008). Estadística inferencial aplicada. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Osorno, C. (2006). Infiltración del agua en el suelo manejado bajo enfoques orgánico y convencional con cultivo de maíz. Estado de México.: Universidad Autónoma Chapingo, Departamentos de suelos. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables.
- Pizarro Tapia, R., Sangüesa Pool, C., Flores Villanelo, J. P., y Martínez Araya, E. (2005). Elementos de Ingeniería hidrológica para el mejoramiento de la productividad

silvícola. Talca, Chile.: Sociedad Estándares de Ingeniería para Agua y Suelo Ltda (Eds).

Ramírez, D. (2011). Los objetos nodriza como refugio y fuente de nutrientes: reflexiones sobre el establecimiento y restauración de cactáceas en zonas áridas de la vertiente occidental de los andes. *Ecología Aplicada*, 10(2), 83-86. Obtenido de <http://davidramirezcz.weebly.com>.

Rango , A., Tartowski, S., Laliberte, A., Wainwright, J., y Parsons, A. (2006). *Islands of hydrologically enhanced biotic productivity in natural and managed arid ecosystems. Journal of Arid Environments*, 65, 235-252. doi:10.1016/j.jaridenv.2005.09.002

Reynolds, W. (1993). *Saturated hydraulic conductivity: field measurement. In M.R. Carter (ed.) Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Boca Raton, USA., 599-613.*

Ríos-Sánchez, K., Otazo-Sánchez, E., Marmolejo-Santillán, Y., González-Ramírez, C., y Hernández-Florez, M. (2021). Expansión urbana descontrolada: ¿Qué pasará con el agua? *Pädi*, 54-59.

Rodríguez, E., Argente, L., y Morales, D. (2018). *Water regime and gas exchange of Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst. in two semi-arid ecosystems in southern Sonora Régimen hídrico e intercambio de gases de Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst. en dos ecosis. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(1), 107-121. doi:10.5154/r.rchscfa.2018.09.068

Rojas, J. (2012). Densidad aparente: comparación de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembra directa. INTA, Centro Regional Chalco Formosa. Estación experimental agropecuaria Sáenz Peña. Argentina.

San, S. (1996). Estudio topohidráulico para el cruce del km. 0+020 sobre el río Altar estado de Sonora, Mexico. México: Universidad de Sonora, División de Ingeniería.

Sánchez , R. (2007). Análisis comparativo de la calidad de suelos agrícolas y suelos protegidos por vegetación natural en una zona semiárida. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México: Tesis de maestría.

- Saval B. (1998). La Reparación del Daño. Aspectos Técnicos: Remediación y Restauración . México : UNAM.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2003). Manual M-MMP-1-01/03 Muestreo de Materiales para Terrecarías. Mexico D.F.: Secretaria de Comunicaciones y Transporte.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2021). paot. Obtenido de http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.2_Cambios/index.htm
- Secretaría del Agua y Obra Pública. (2009). Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma. México: Gobierno del Estado de México.
- SEMARNAT. (2015). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2015. México: Semarnat.
- SEMARNAT. (2021). Secretaría de Medio Ambiente. Obtenido de <https://www.sema.gob.mx/SRN-SIIAECC-USO-CAMBIO.php>
- Silberstein, R., Vertessy, R., y Stirzaker, R. (2000). *The basics of catchment hydrology. Trees, Water and Salt: An Australian guide to using trees for healthy catchments and productive faros. Canberra.:* RIRDC.
- Siqueiros D, M., Rodríguez A., J., Martínez R., J., y Sierra M., J. (2017). Vegetación del Estado de Aguascalientes. UAA, CONABIO. México. 370 pp. (CONABIO, Ed.) México: UAA.
- Teixeira, E. C. (2016). *Medição da geração de resíduos em obras de edificações verticais e análise da relação com os cronogramas de execução (Disertación de maestria no publicada)*. Revista Ingeniería de Construcción, 105-116.
- Úbeda R., J., y Delgado D., B. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materiales orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura . Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático , 889-896.
- Van-Konijnenburg, A. (2006). Agricultura Orgánica El Suelo: sus componentes físicos. Valle Inferior del Río Negro: INTA.

Yang, T., Ala, M., Zhang, Y., Wu, J., Wang, A., y Guan, D. (2018). *Characteristics of soil moisture under different vegetation coverage in Horqin Sandy Land, northern China.*

Plos One, 13(6), 1-15. doi:10.1371/journal.pone.0198805



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

CAPÍTULO 11. Anexos

Anexo A. Tablas de análisis granulométrico.

MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 04
 MUESTRA No.: 01

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1630 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 463.64 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1166.36 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 221.61 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 869.36 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	122.61	10.51	70.49
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	174.83	14.99	55.50
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	179.96	15.43	40.07
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	140.54	12.05	28.02
3/4"	19	26.13	2.24	97.76	N°100	0.15	130.98	11.23	16.79
1/2"	12.5	41.09	3.52	94.24	N°200	0.075	120.44	10.33	6.46
3/8"	9.5	21.84	1.87	92.36	Pasa		75.39	6.46	0.00
N°4	4.75	132.55	11.36	81.00	SUMA		944.75	81.00	
Pasa		944.75	81.00						
SUMA		1166.36	100						

$D_{10} = 0.095$	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.1}{0.095} = 11.5789474$	Retenido en n <u>0.00 %</u>
$D_{30} = 0.28$		G = <u>19.00 %</u>
$D_{60} = 1.1$	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0784}{0.1045} = 0.75023923$	S = <u>74.54 %</u>
		F = <u>6.46 %</u>
		Pasa N° 40 = <u>40.07 %</u>

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

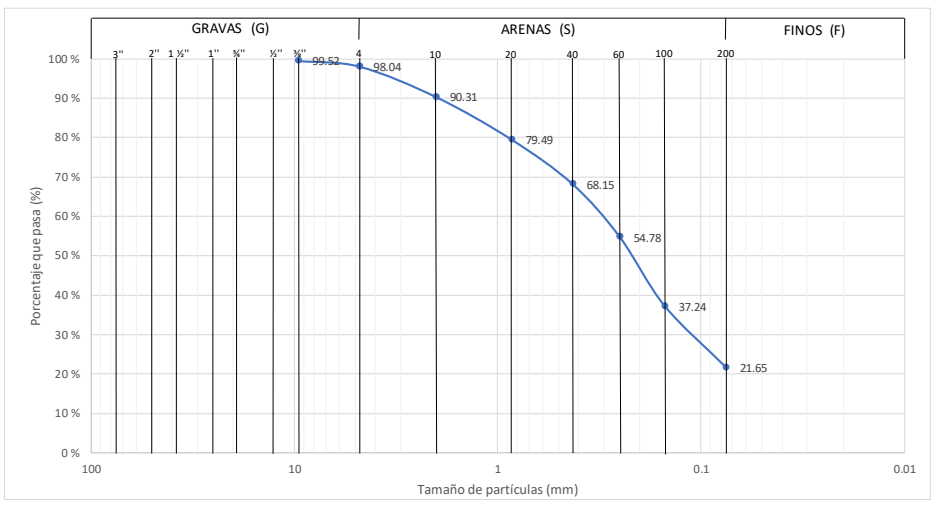
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 04
 MUESTRA No.: 02

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1435.52 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 465.63 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 969.89 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 19.02 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 740.86 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	74.93	7.73	90.31
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	104.93	10.82	79.49
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	110.07	11.35	68.15
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	129.65	13.37	54.78
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	170.12	17.54	37.24
1/2"	12.5	0.00	0.00	100.00	N°200	0.075	151.16	15.59	21.65
3/8"	9.5	4.63	0.48	99.52	Pasa		210.00	21.65	0.00
N°4	4.75	14.39	1.48	98.04	SUMA		950.86	98.04	
Pasa		950.86	98.04						
SUMA		969.88	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.3}{0.075} = 4.00 \quad \text{Retenido en malla de } 3'' = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.12 \quad G = 1.96\%$$

$$D_{60} = 0.3 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0144}{0.0225} = 0.64 \quad S = 76.39\%$$

$$F = 21.65\%$$

$$\text{Pasa N° } 40 = 68.15\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SM (Arena Limosa; mezcla de arena, grava y limo)

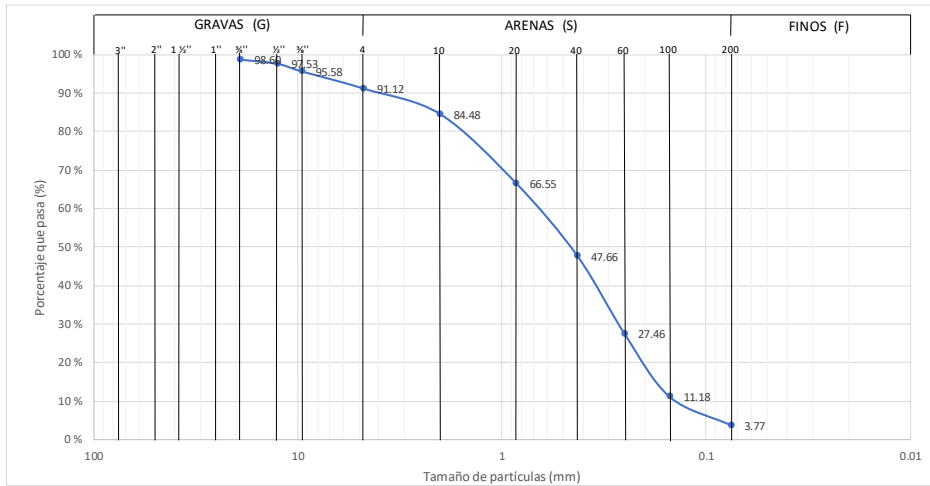
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 04
 MUESTRA No.: 03

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1423.08 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1169.08 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 103.77 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 1021.20 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	77.71	6.65	84.48
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	209.55	17.92	66.55
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	220.89	18.89	47.66
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	236.18	20.20	27.46
3/4"	19	16.36	1.40	98.60	N°100	0.15	190.22	16.27	11.18
1/2"	12.5	12.55	1.07	97.53	N°200	0.075	86.65	7.41	3.77
3/8"	9.5	22.76	1.95	95.58	Pasa		44.11	3.77	0.00
N°4	4.75	52.10	4.46	91.12	SUMA		1065.31	91.12	
Pasa		1065.31	91.12						
SUMA		1169.08	100						



$$D_{10} = 0.15 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.67}{0.15} = 4.47$$

$$D_{30} = 0.28$$

$$D_{60} = 0.67 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0784}{0.1005} = 0.78$$

Retenido en
 malla de 3" = 0.00 %
 G = 8.88 %
 S = 87.35 %
 F = 3.77 %
 Pasa N° 40 = 47.66 %

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

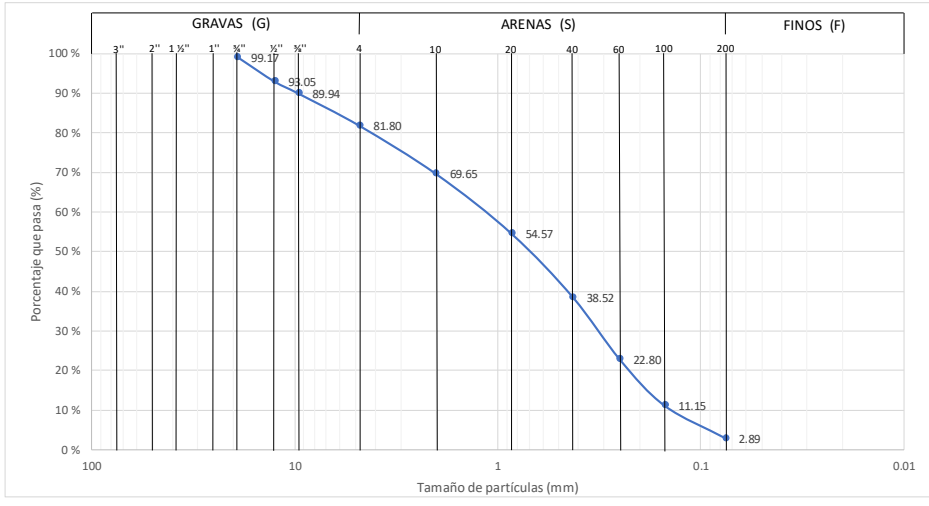
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 04
 MUESTRA No.: 04

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1559.12 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.57 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1094.55 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 199.16 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 863.81 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	133.09	12.16	69.65
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	165.01	15.08	54.57
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	175.72	16.05	38.52
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	172.01	15.72	22.80
3/4"	19	9.07	0.83	99.17	N°100	0.15	127.47	11.65	11.15
1/2"	12.5	67.02	6.12	93.05	N°200	0.075	90.51	8.27	2.89
3/8"	9.5	33.97	3.10	89.94	Pasa		31.58	2.89	0.00
N°4	4.75	89.10	8.14	81.80	SUMA		895.39	81.80	
Pasa		895.39	81.80						
SUMA		1094.55	100						



$$D_{10} = 0.15 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.25}{0.15} = 8.33 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \frac{0.00}{100} \%$$

$$D_{30} = 0.32 \quad G = \frac{100 - 2.89}{100} \% = 97.11 \% \quad S = 78.92 \% \quad F = 2.89 \%$$

$$D_{60} = 1.25 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.32)^2}{0.15 \times 1.25} = 0.55 \quad \text{Pasa N° 40} = \frac{38.52}{100} \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

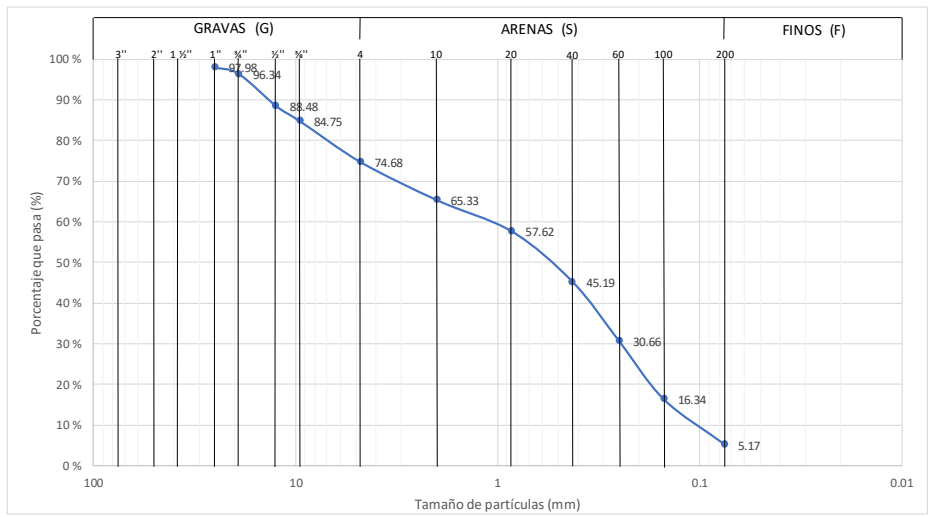
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 04
 MUESTRA No.: 05

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1610.44 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 463.10 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1147.34 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 290.45 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 797.58 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	107.28	9.35	65.33
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	88.56	7.72	57.62
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	142.55	12.42	45.19
1"	25	23.16	2.02	97.98	N°60	0.25	166.68	14.53	30.66
3/4"	19	18.78	1.64	96.34	N°100	0.15	164.36	14.33	16.34
1/2"	12.5	90.20	7.86	88.48	N°200	0.075	128.15	11.17	5.17
3/8"	9.5	42.85	3.73	84.75	Pasa		59.31	5.17	0.00
N°4	4.75	115.46	10.06	74.68	SUMA		856.89	74.68	
Pasa		856.89	74.68						
SUMA		1147.34	100						



$$D_{10} = 0.1 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1}{0.1} = 10.00 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \frac{0.00}{1147.34} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.25 \quad G = \frac{23.16}{1147.34} = 2.02\%$$

$$D_{60} = 1 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.25)^2}{0.1 \times 1} = 0.625 \quad S = \frac{856.89}{1147.34} = 74.68\%$$

$$F = \frac{5.17}{1147.34} = 0.45\%$$

$$Pasa N° 40 = \frac{45.19}{1147.34} = 3.94\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SC (Arena mal graduada arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla)

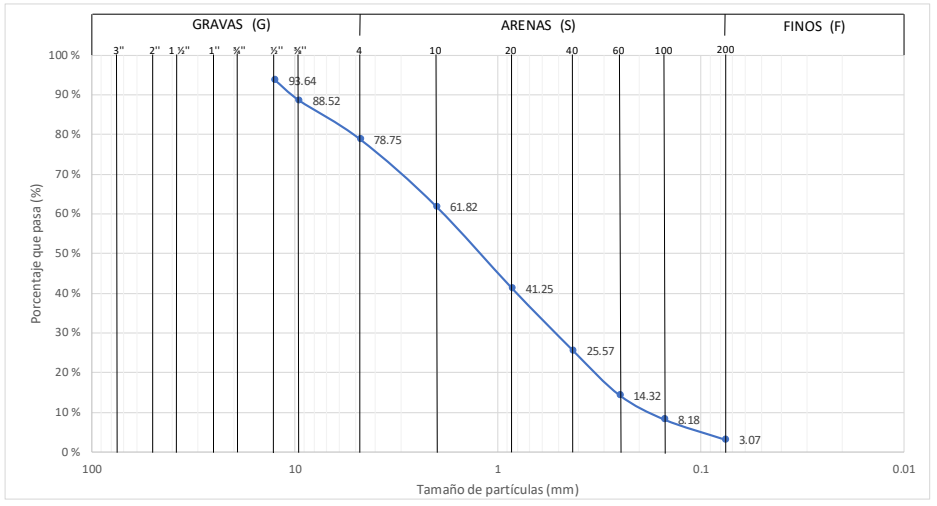
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 10
 MUESTRA No.: 33

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1044.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 790.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 167.87 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 597.90 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	133.76	16.93	61.82
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	162.49	20.57	41.25
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	123.89	15.68	25.57
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	88.88	11.25	14.32
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	48.48	6.14	8.18
1/2"	12.5	50.27	6.36	93.64	N°200	0.075	40.40	5.11	3.07
3/8"	9.5	40.40	5.11	88.52	Pasa		24.24	3.07	0.00
N°4	4.75	77.20	9.77	78.75	SUMA		622.14	78.75	
Pasa		622.14	78.75						
SUMA		790.01	100						



$$D_{10} = 0.18 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.6}{0.18} = 8.89$$

$$D_{30} = 0.5$$

$$D_{60} = 1.6 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.25}{0.288} = 0.87$$

Retenido en malla de 3" = 0.00 %
 G = 21.25 %
 S = 75.68 %
 F = 3.07 %
 Pasa N° 40 = 25.57 %

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

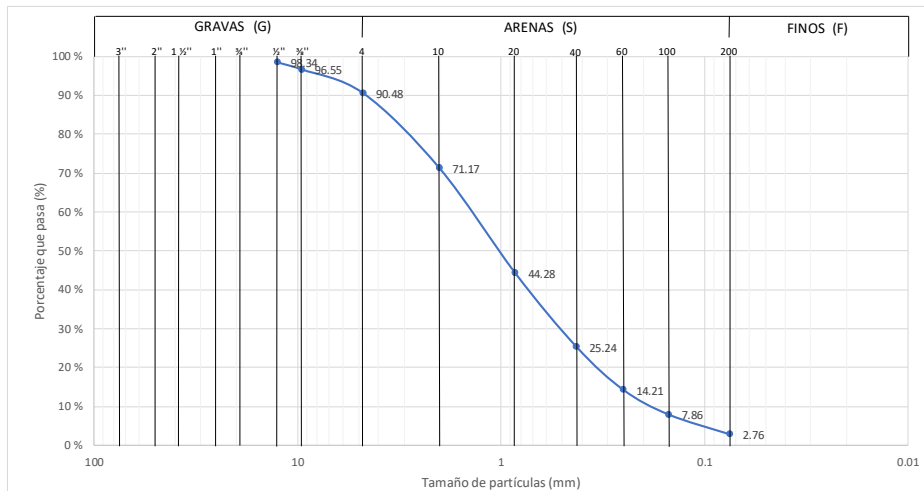
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 10
 MUESTRA No.: 34

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 979.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 725.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 69.00 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 636.00 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	140.00	19.31	71.17
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	195.00	26.90	44.28
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	138.00	19.03	25.24
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	80.00	11.03	14.21
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	46.00	6.34	7.86
1/2"	12.5	12.00	1.66	98.34	N°200	0.075	37.00	5.10	2.76
3/8"	9.5	13.00	1.79	96.55	Pasa		20.00	2.76	0.00
N°4	4.75	44.00	6.07	90.48	SUMA		656.00	90.48	
Pasa		656.00	90.48						
SUMA		725	100						



$$D_{10} = 0.19 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.4}{0.19} = 7.37$$

$$D_{30} = 0.5$$

$$D_{60} = 1.4 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.25}{0.266} = 0.94$$

Retenido en
 malla de 3" = 0.00 %
 G = 9.52 %
 S = 87.72 %
 F = 2.76 %
 Pasa N° 40 = 25.24 %

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

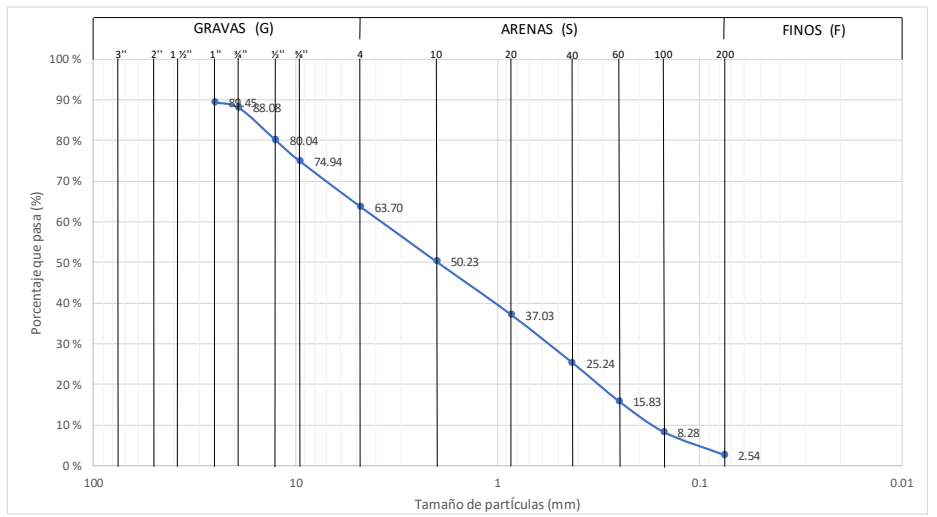
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 10
 MUESTRA No.: 35

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1471.45 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.87 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1006.58 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 365.38 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 615.66 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	135.65	13.48	50.23
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	132.84	13.20	37.03
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	118.63	11.79	25.24
1"	25	106.20	10.55	89.45	N°60	0.25	94.71	9.41	15.83
3/4"	19	13.81	1.37	88.08	N°100	0.15	76.05	7.56	8.28
1/2"	12.5	80.86	8.03	80.04	N°200	0.075	57.78	5.74	2.54
3/8"	9.5	51.43	5.11	74.94	Pasa		25.56	2.54	0.00
N°4	4.75	113.08	11.23	63.70	SUMA		641.22	63.70	
Pasa		641.22	63.70						
SUMA		1006.6	100						



$$D_{10} = 0.18 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{2.6}{0.18} = 14.44 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \frac{0.00}{100} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.57 \quad G = \frac{36.30}{100} = 36.30\%$$

$$D_{60} = 2.6 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.3249}{0.468} = 0.69 \quad S = \frac{61.16}{100} = 61.16\%$$

$$F = \frac{2.54}{100} = 2.54\%$$

$$Pasa N° 40 = \frac{25.24}{100} = 25.24\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

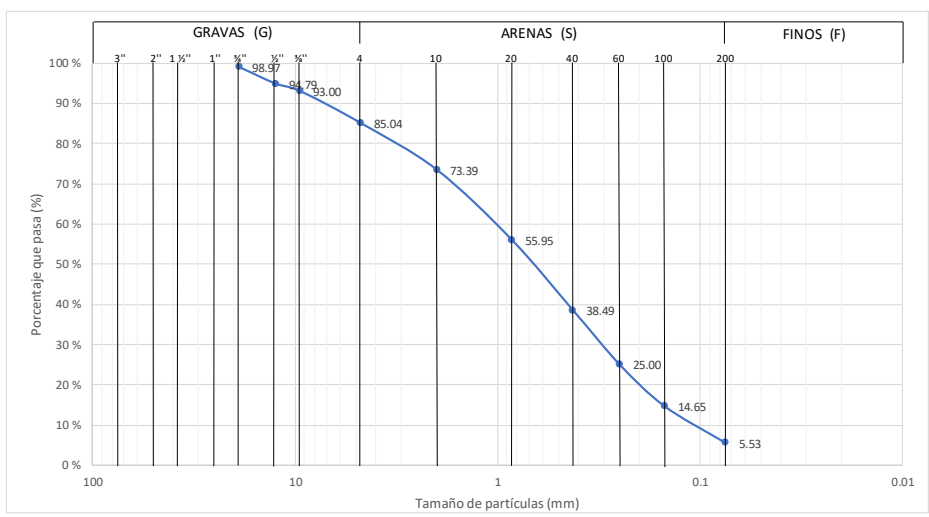
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 10
 MUESTRA No.: 36

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1456.65 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.85 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 991.80 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 148.33 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 788.67 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	115.59	11.65	73.39
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	172.97	17.44	55.95
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	173.13	17.46	38.49
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	133.80	13.49	25.00
3/4"	19	10.24	1.03	98.97	N°100	0.15	102.67	10.35	14.65
1/2"	12.5	41.44	4.18	94.79	N°200	0.075	90.51	9.13	5.53
3/8"	9.5	17.76	1.79	93.00	Pasa		54.80	5.53	0.00
N°4	4.75	78.89	7.95	85.04	SUMA		843.47	85.04	
Pasa		843.47	85.04						
SUMA		991.8	100						



$$D_{10} = 0.1 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1}{0.1} = 10.00$$

$$D_{30} = 0.2$$

$$D_{60} = 1 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.04}{0.1} = 0.40$$

Retenido en malla de 3" = 0.00 %
 G = 14.96 %
 S = 79.52 %
 F = 5.53 %
 Pasa N° 40 = 38.49 %

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SC (Arena mal graduada arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla)

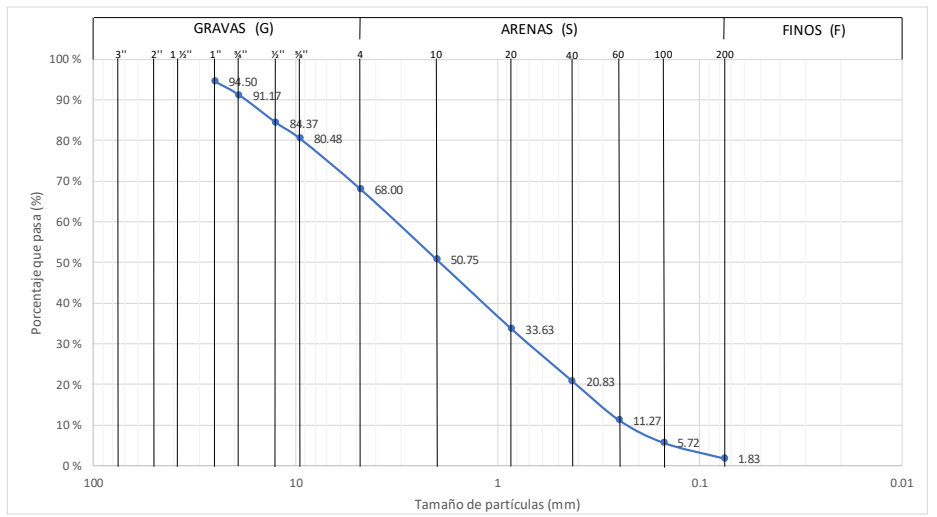
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 10
 MUESTRA No.: 37

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1618.12 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.76 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1153.36 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 369.11 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 763.18 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	198.91	17.25	50.75
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	197.46	17.12	33.63
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	147.66	12.80	20.83
1"	25	63.46	5.50	94.50	N°60	0.25	110.19	9.55	11.27
3/4"	19	38.39	3.33	91.17	N°100	0.15	64.07	5.56	5.72
1/2"	12.5	78.37	6.79	84.37	N°200	0.075	44.89	3.89	1.83
3/8"	9.5	44.89	3.89	80.48	Pasa		21.06	1.83	0.00
N°4	4.75	144.00	12.49	68.00	SUMA		784.24	68.00	
Pasa		784.24	68.00						
SUMA		1153.35	100						



$$D_{10} = 0.225 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{2}{0.225} = 8.89 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \frac{0.00}{100} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.7 \quad \text{G} = \frac{32.00}{100} = 32.00\%$$

$$D_{60} = 2 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.49}{0.45} = 1.09 \quad \text{S} = \frac{66.17}{100} = 66.17\%$$

$$\text{F} = \frac{1.83}{100} = 1.83\%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = \frac{20.83}{100} = 20.83\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SW (Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

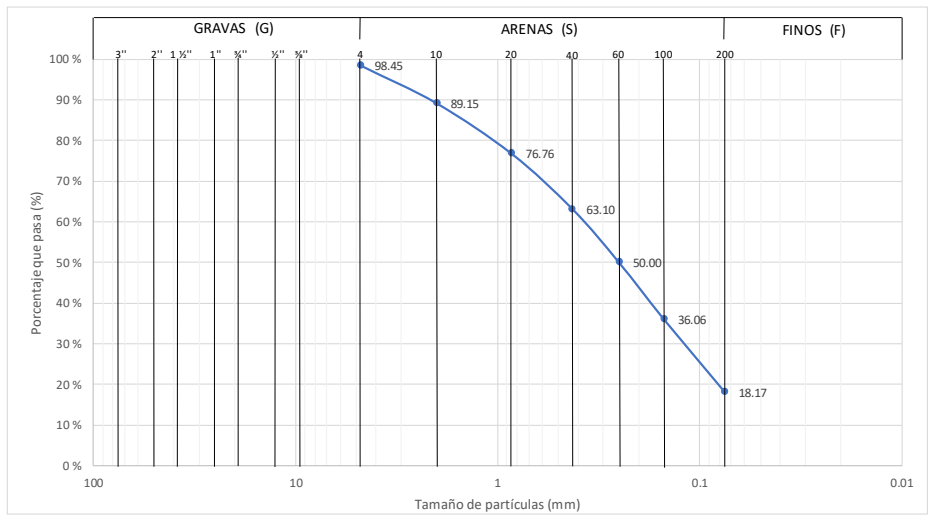
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 11
 MUESTRA No.: 38

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 929.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 675.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 10.46 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 541.91 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	62.75	9.30	89.15
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	83.66	12.39	76.76
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	92.22	13.66	63.10
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	88.42	13.10	50.00
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	94.12	13.94	36.06
1/2"	12.5	0.00	0.00	100.00	N°200	0.075	120.74	17.89	18.17
3/8"	9.5	0.00	0.00	100.00	Pasa		122.64	18.17	0.00
N°4	4.75	10.46	1.55	98.45	SUMA		664.55	98.45	
Pasa		664.55	98.45						
SUMA		675.01	100						



$D_{10} = 0.075$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.37}{0.075} = 4.93$ Retenido en malla de 3" = 0.00 %
 $D_{30} = 0.14$ $G = 1.55 %$
 $D_{60} = 0.37$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0196}{0.02775} = 0.71$ $S = 80.28 %$
 $Pasa N° 40 = 63.10 %$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SM (Arena Limosa; mezcla de arena, grava y limo)

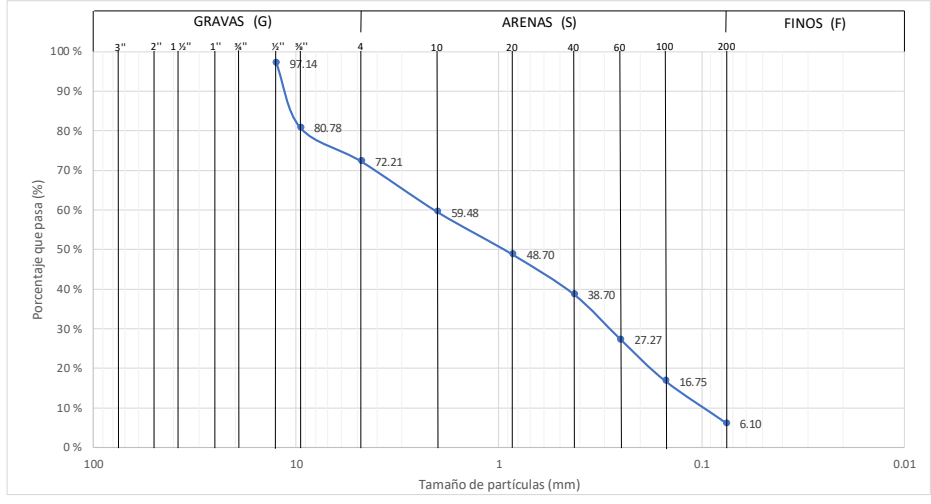
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 11
 MUESTRA No.: 40

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 905.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 651.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 180.93 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 430.33 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	82.85	12.73	59.48
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	70.17	10.78	48.70
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	65.10	10.00	38.70
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	74.40	11.43	27.27
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	68.48	10.52	16.75
1/2"	12.5	18.60	2.86	97.14	N°200	0.075	69.33	10.65	6.10
3/8"	9.5	106.53	16.36	80.78	Pasa		39.74	6.10	0.00
N°4	4.75	55.80	8.57	72.21	SUMA		470.07	72.21	
Pasa		470.07	72.21						
SUMA		651	100						



$$D_{10} = 0.095 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{2}{0.095} = 21.05$$

$$D_{30} = 0.28$$

$$D_{60} = 2 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0784}{0.19} = 0.41$$

Retenido en malla de 3" = 0.00 %
 G = 27.79 %
 S = 66.10 %
 F = 6.10 %
 Pasa N° 40 = 38.70 %

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

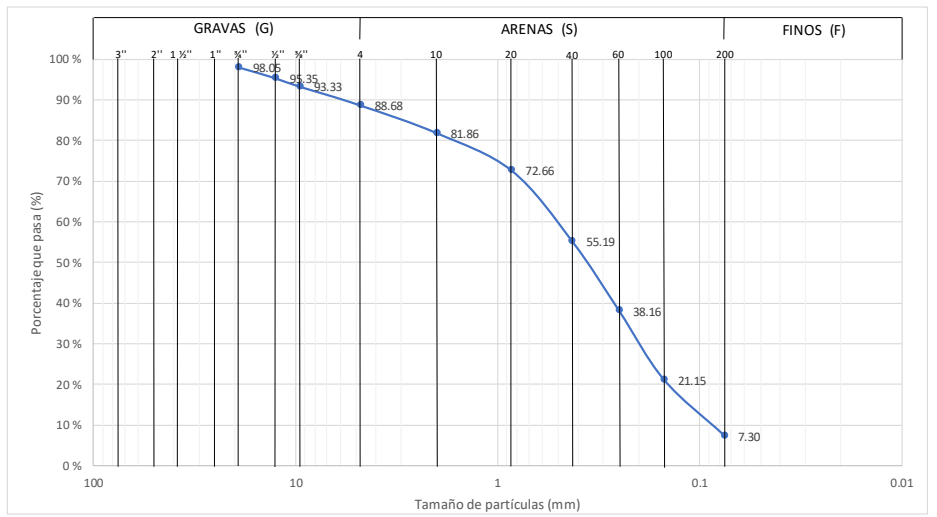
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 11
 MUESTRA No.: 41

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1601.12 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 463.10 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1138.02 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 128.83 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 926.10 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	77.56	6.82	81.86
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	104.74	9.20	72.66
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	198.81	17.47	55.19
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	193.83	17.03	38.16
3/4"	19	22.18	1.95	98.05	N°100	0.15	193.53	17.01	21.15
1/2"	12.5	30.73	2.70	95.35	N°200	0.075	157.63	13.85	7.30
3/8"	9.5	22.96	2.02	93.33	Pasa		83.09	7.30	0.00
N°4	4.75	52.96	4.65	88.68	SUMA		1009.19	88.68	
Pasa		1009.19	88.68						
SUMA		1138.02	100						



$$D_{10} = 0.085 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.5}{0.085} = 5.88 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \frac{0.00}{100} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.2 \quad \text{G} = \frac{11.32}{100} = 11.32\%$$

$$D_{60} = 0.5 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.04}{0.0425} = 0.94 \quad \text{S} = \frac{81.38}{100} = 81.38\%$$

$$\text{F} = \frac{7.30}{100} = 7.30\%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = \frac{55.19}{100} = 55.19\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SC (Arena mal graduada arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla)

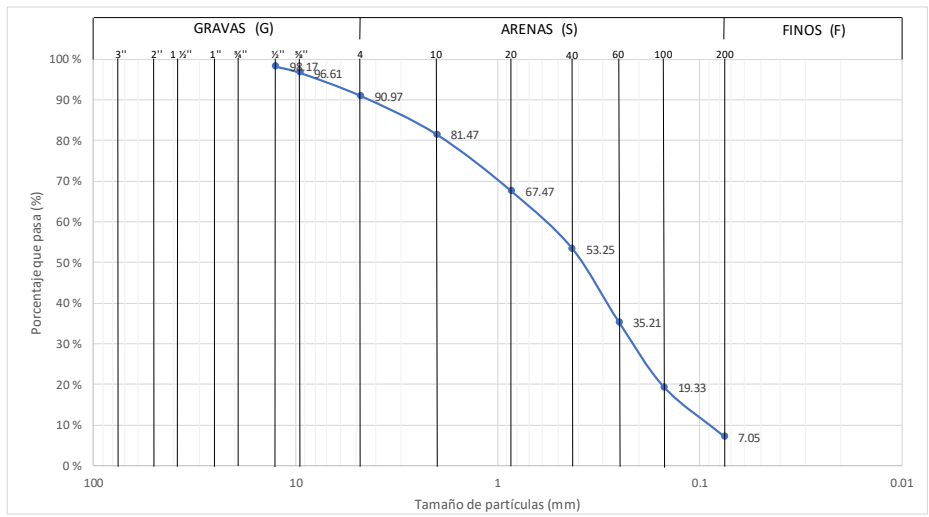
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 11
 MUESTRA No.: 42

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1607.26 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.76 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1142.50 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 103.21 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 958.70 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	108.52	9.50	81.47
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	159.93	14.00	67.47
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	162.48	14.22	53.25
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	206.09	18.04	35.21
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	181.47	15.88	19.33
1/2"	12.5	20.87	1.83	98.17	N°200	0.075	140.21	12.27	7.05
3/8"	9.5	17.89	1.57	96.61	Pasa		80.60	7.05	0.00
N°4	4.75	64.45	5.64	90.97	SUMA		1039.30	90.97	
Pasa		1039.30	90.97						
SUMA		1142.51	100						



$$D_{10} = 0.09 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.58}{0.09} = 6.44 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \frac{0.00}{100} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.12 \quad G = \frac{0.00}{100} = 0.00\%$$

$$D_{60} = 0.58 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(0.12)^2}{0.09 \times 0.58} = 0.28 \quad S = \frac{81.47}{100} = 81.47\%$$

$$F = \frac{7.05}{100} = 7.05\%$$

$$Pasa N° 40 = \frac{53.25}{100} = 53.25\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SC (Arena mal graduada arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla)

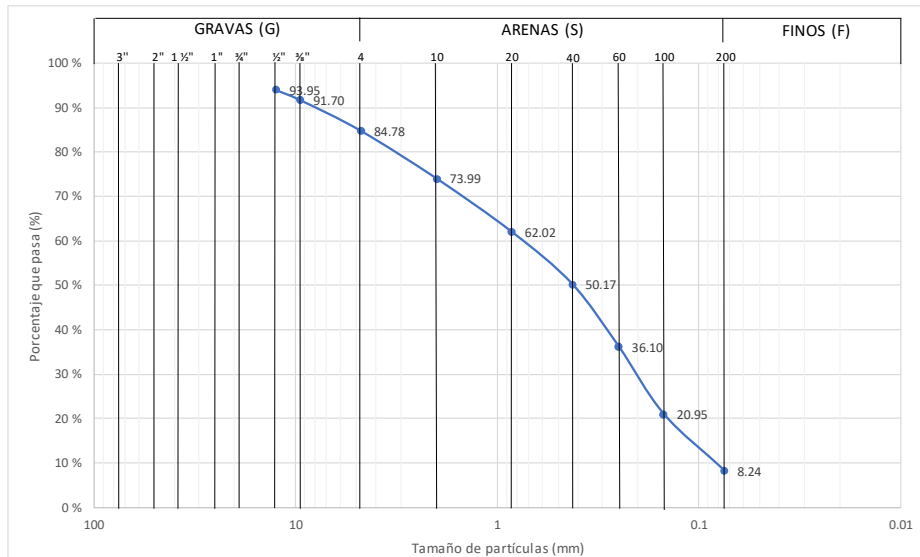
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 11
 MUESTRA No.: 43

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1500.55 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 463.10 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1037.45 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 157.95 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 794.05 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	111.84	10.78	73.99
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	124.22	11.97	62.02
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	122.98	11.85	50.17
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	145.96	14.07	36.10
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	157.17	15.15	20.95
1/2"	12.5	62.76	6.05	93.95	N°200	0.075	131.88	12.71	8.24
3/8"	9.5	23.35	2.25	91.70	Pasa		85.45	8.24	0.00
N°4	4.75	71.84	6.92	84.78	SUMA		879.50	84.78	
Pasa		879.50	84.78						
SUMA		1037.45	100						



$$D_{10} = 0.0825 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.75}{0.0825} = 9.09 \quad \text{Retenido en malla de } 3'' = \underline{0.00 \%}$$

$$D_{30} = 0.2 \quad G = \underline{15.22 \%}$$

$$D_{60} = 0.75 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.04}{0.061875} = 0.65 \quad S = \underline{76.54 \%}$$

$$F = \underline{8.24 \%}$$

$$\text{Pasa N° } 40 = \underline{50.17 \%}$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

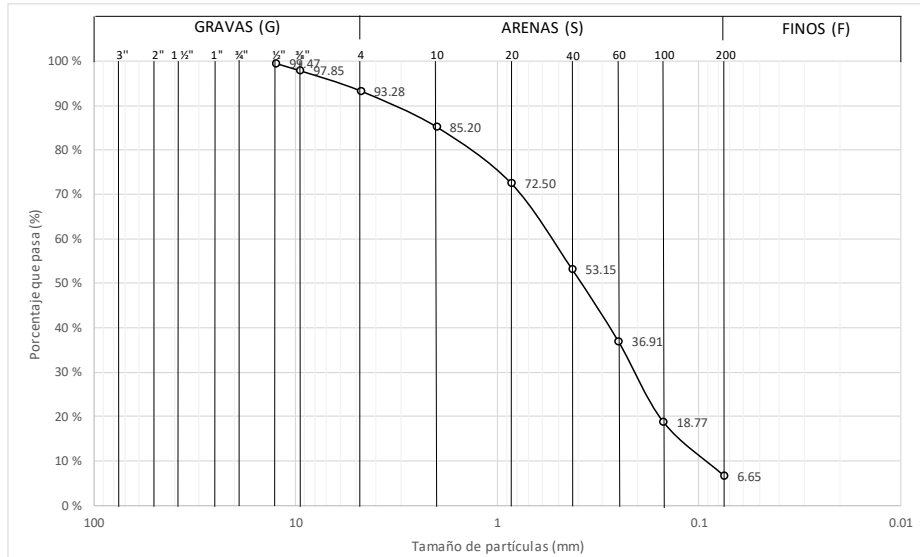
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 01
 MUESTRA No.: 06

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1581.05 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.87 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1116.18 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 75.03 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 966.92 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	90.15	8.08	85.20
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	141.78	12.70	72.50
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	216.01	19.35	53.15
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	181.22	16.24	36.91
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	202.52	18.14	18.77
1/2"	12.5	5.94	0.53	99.47	N°200	0.075	135.24	12.12	6.65
3/8"	9.5	18.08	1.62	97.85	Pasa		74.24	6.65	0.00
N°4	4.75	51.01	4.57	93.28	SUMA		1041.16	93.28	
Pasa		1041.16	93.28						
SUMA		1116.19	100						



$$D_{10} = 0.092 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.525}{0.092} = 5.71 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.21 \quad \text{G} = 6.72 \%$$

$$D_{60} = 0.525 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0441}{0.0483} = 0.91 \quad \text{S} = 86.63 \%$$

$$\text{F} = 6.65 \%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = 53.15 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SC (Arena mal graduada arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla)

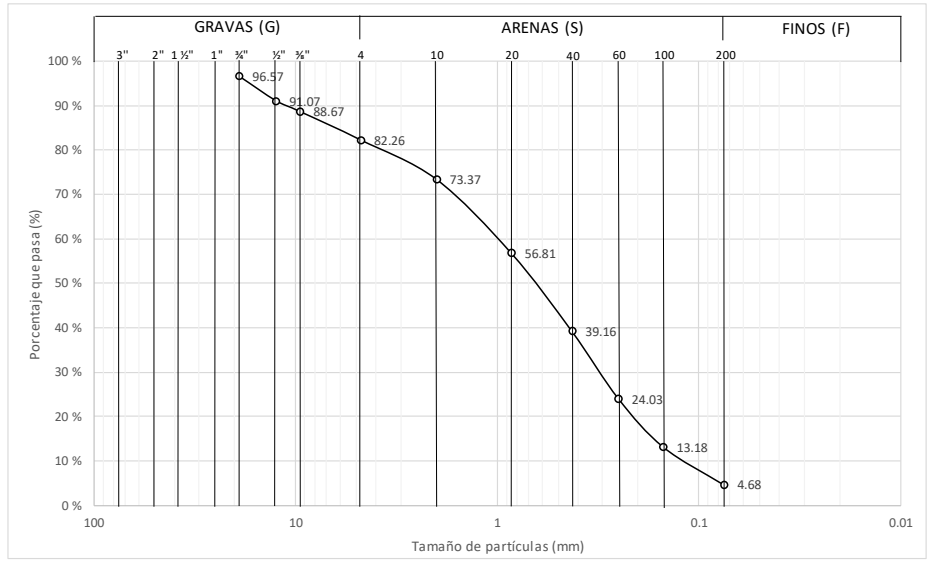
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 01
 MUESTRA No.: 07

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1337.80 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.71 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1083.09 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 192.13 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 840.24 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	96.34	8.90	73.37
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	179.33	16.56	56.81
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	191.15	17.65	39.16
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	163.83	15.13	24.03
3/4"	19	37.19	3.43	96.57	N°100	0.15	117.60	10.86	13.18
1/2"	12.5	59.58	5.50	91.07	N°200	0.075	91.99	8.49	4.68
3/8"	9.5	25.91	2.39	88.67	Pasa		50.71	4.68	0.00
N°4	4.75	69.45	6.41	82.26	SUMA		890.95	82.26	
Pasa		890.95	82.26						
SUMA		1083.08	100						



$$D_{10} = 0.125 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1}{0.125} = 8.00 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.3 \quad \text{G} = 17.74 \%$$

$$D_{60} = 1 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.09}{0.125} = 0.72 \quad \text{S} = 77.58 \%$$

$$\text{F} = 4.68 \%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = 39.16 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arenas mal graduadas; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

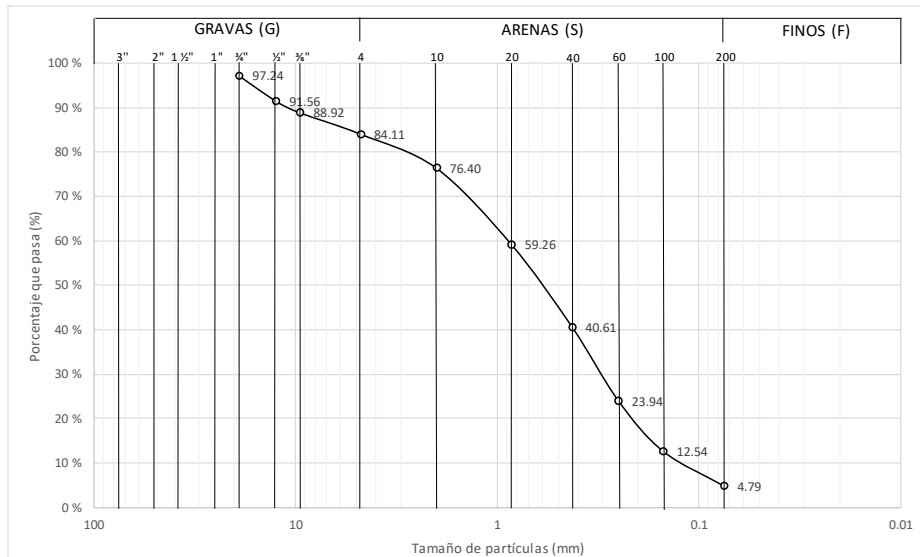
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 01
 MUESTRA No.: 08

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1171.99 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 917.99 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 145.87 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 772.14 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	70.73	7.71	76.40
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	157.41	17.15	59.26
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	171.17	18.65	40.61
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	153.01	16.67	23.94
3/4"	19	25.30	2.76	97.24	N°100	0.15	104.65	11.40	12.54
1/2"	12.5	52.18	5.68	91.56	N°200	0.075	71.17	7.75	4.79
3/8"	9.5	24.23	2.64	88.92	Pasa		43.96	4.79	0.00
N°4	4.75	44.16	4.81	84.11	SUMA		772.10	84.11	
Pasa		772.10	84.11						
SUMA		917.97	100						



$$D_{10} = 0.125 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.85}{0.125} = 6.80 \quad \text{Retenido en malla de } 3'' = \underline{0.00 \%}$$

$$D_{30} = 0.3 \quad \text{G} = \underline{15.89 \%}$$

$$D_{60} = 0.85 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.09}{0.10625} = 0.85 \quad \text{S} = \underline{79.32 \%}$$

$$\text{F} = \underline{4.79 \%}$$

$$\text{Pasa N° } 40 = \underline{40.61 \%}$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

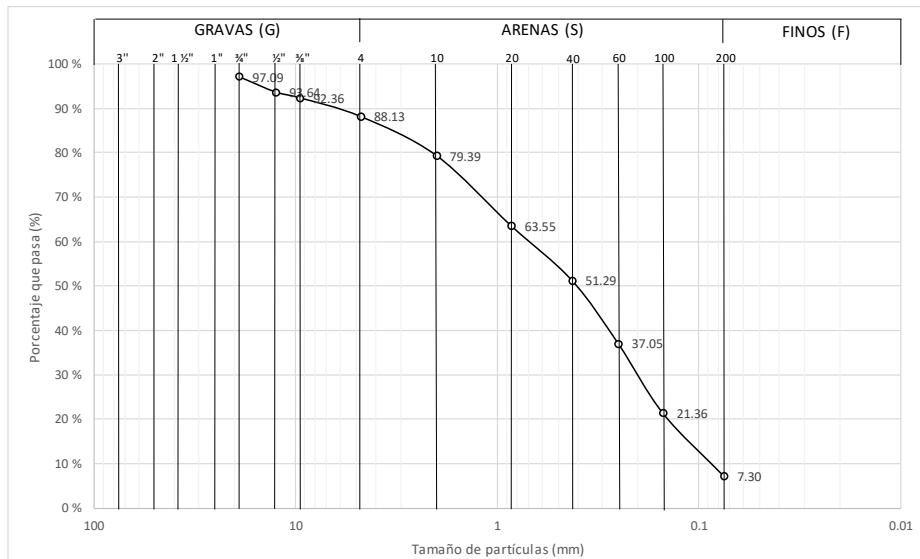
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 01
 MUESTRA No.: 09

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1513.14 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.93 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1048.21 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 124.47 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 847.22 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4				MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4					
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	91.61	8.74	79.39
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	165.98	15.83	63.55
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	128.57	12.27	51.29
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	149.18	14.23	37.05
3/4"	19	30.46	2.91	97.09	N°100	0.15	164.48	15.69	21.36
1/2"	12.5	36.24	3.46	93.64	N°200	0.075	147.40	14.06	7.30
3/8"	9.5	13.42	1.28	92.36	Pasa		76.51	7.30	0.00
N°4	4.75	44.35	4.23	88.13	SUMA		923.73	88.13	
Pasa		923.73	88.13						
SUMA		1048.2	100						



$$D_{10} = 0.085 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.7}{0.085} = 8.24 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \underline{0.00 \%}$$

$$D_{30} = 0.2 \quad G = \underline{11.87 \%}$$

$$D_{60} = 0.7 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.04}{0.0595} = 0.67 \quad S = \underline{80.83 \%}$$

$$F = \underline{7.30 \%}$$

$$\text{Pasa N° 40} = \underline{51.29 \%}$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SC (Arena mal graduada arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla)

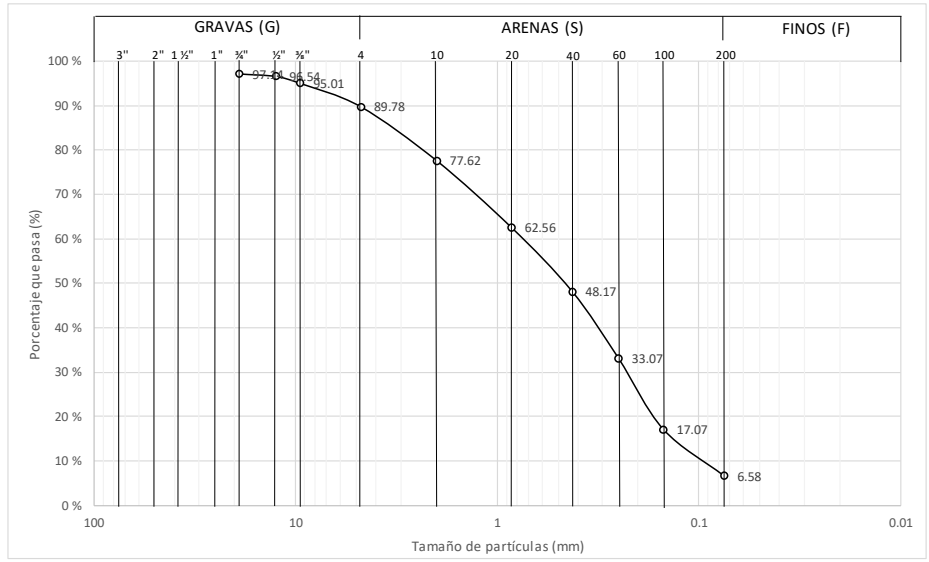
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 01
 MUESTRA No.: 10

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1602.27 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.76 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1137.51 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 116.25 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 946.44 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	138.29	12.16	77.62
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	171.38	15.07	62.56
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	163.60	14.38	48.17
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	171.80	15.10	33.07
3/4"	19	32.49	2.86	97.14	N°100	0.15	182.02	16.00	17.07
1/2"	12.5	6.82	0.60	96.54	N°200	0.075	119.35	10.49	6.58
3/8"	9.5	17.45	1.53	95.01	Pasa		74.82	6.58	0.00
N°4	4.75	59.49	5.23	89.78	SUMA		1021.26	89.78	
Pasa		1021.26	89.78						
SUMA		1137.51	100						



$$D_{10} = 0.095 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.75}{0.095} = 7.89 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.23 \quad \text{G} = 10.22 \%$$

$$D_{60} = 0.75 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0529}{0.07125} = 0.74 \quad \text{S} = 83.20 \%$$

$$\text{F} = 6.58 \%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 48.17 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

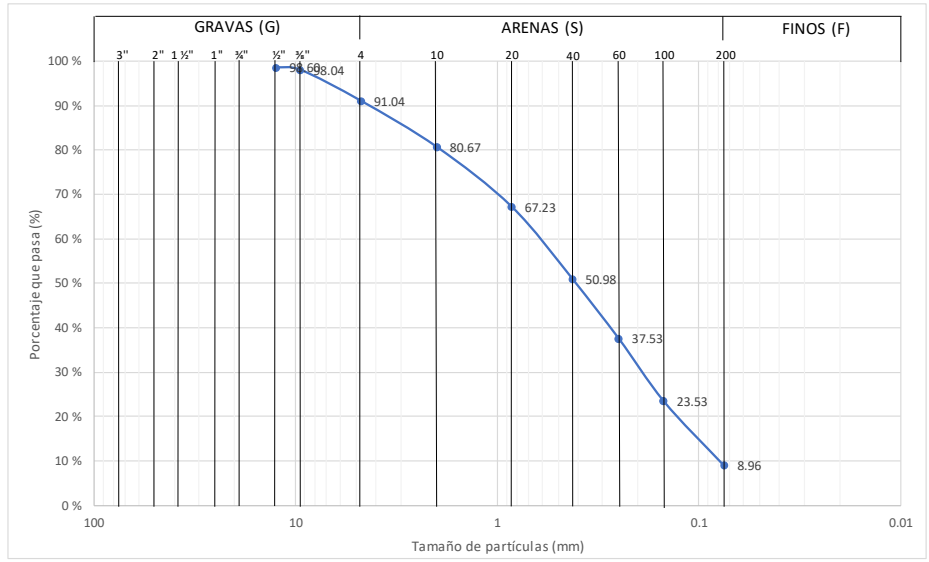
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 06
 MUESTRA No.: 23

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 601.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 347.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 31.10 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 284.80 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	35.96	10.36	80.67
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	46.66	13.45	67.23
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	56.38	16.25	50.98
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	46.66	13.45	37.53
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	48.60	14.01	23.53
1/2"	12.5	4.86	1.40	98.60	N°200	0.075	50.54	14.56	8.96
3/8"	9.5	1.94	0.56	98.04	Pasa		31.10	8.96	0.00
N°4	4.75	24.30	7.00	91.04	SUMA		315.90	91.04	
Pasa		315.90	91.04						
SUMA		347	100						



$$D_{10} = 0.078 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.6}{0.078} = 7.69 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.2 \quad \text{G} = 8.96\%$$

$$D_{60} = 0.6 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.04}{0.0468} = 0.85 \quad \text{S} = 82.07\%$$

$$\text{F} = 8.96\%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 50.98\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

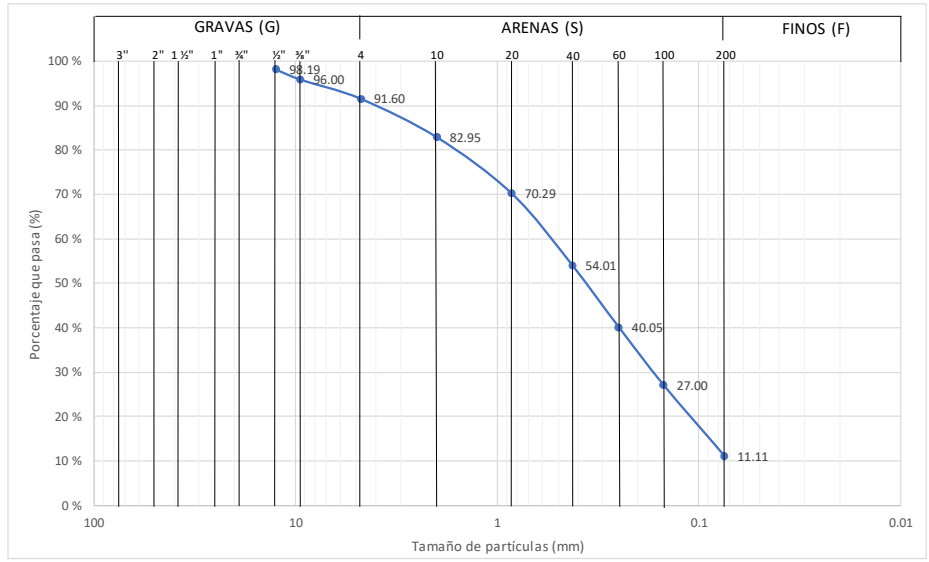
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 06
 MUESTRA No.: 24

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 989.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 735.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 61.72 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 591.60 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	63.62	8.66	82.95
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	93.06	12.66	70.29
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	119.65	16.28	54.01
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	102.56	13.95	40.05
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	95.91	13.05	27.00
1/2"	12.5	13.29	1.81	98.19	N°200	0.075	116.80	15.89	11.11
3/8"	9.5	16.14	2.20	96.00	Pasa		81.67	11.11	0.00
N°4	4.75	32.29	4.39	91.60	SUMA		673.27	91.60	
Pasa		673.27	91.60						
SUMA		734.99	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.55}{0.075} = 7.33 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.18 \quad \text{G} = 8.40 \%$$

$$D_{60} = 0.55 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0324}{0.04125} = 0.79 \quad \text{S} = 80.49 \%$$

$$\text{F} = 11.11 \%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 54.01 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

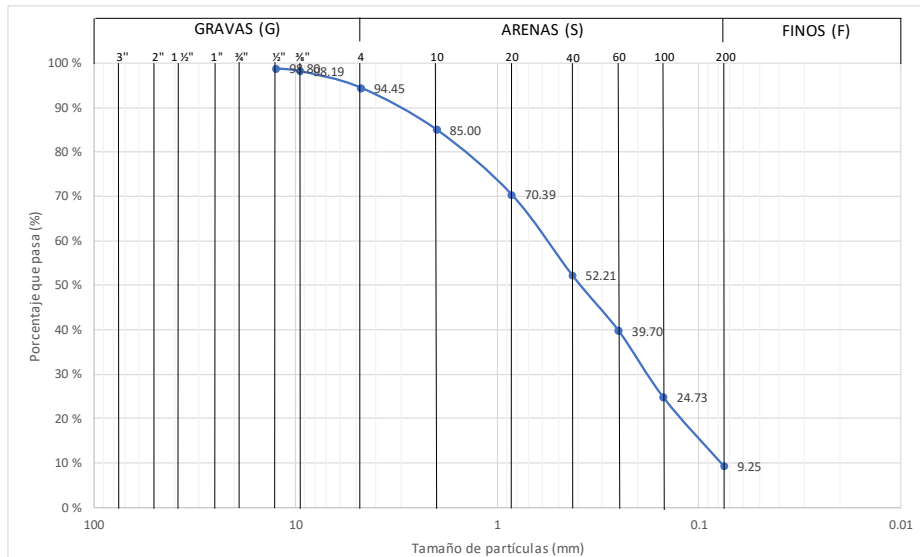
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 06
 MUESTRA No.: 25

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1586.45 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.76 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1121.69 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 62.25 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 955.69 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	105.99	9.45	85.00
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	163.90	14.61	70.39
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	203.89	18.18	52.21
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	140.35	12.51	39.70
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	167.88	14.97	24.73
1/2"	12.5	13.48	1.20	98.80	N°200	0.075	173.68	15.48	9.25
3/8"	9.5	6.86	0.61	98.19	Pasa		103.75	9.25	0.00
N°4	4.75	41.91	3.74	94.45	SUMA		1059.44	94.45	
Pasa		1059.44	94.45						
SUMA		1121.69	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.58}{0.075} = 7.73 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.18 \quad G = 5.55 \%$$

$$D_{60} = 0.58 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0324}{0.0435} = 0.74 \quad S = 85.20 \%$$

$$F = 9.25 \%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = 52.21 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

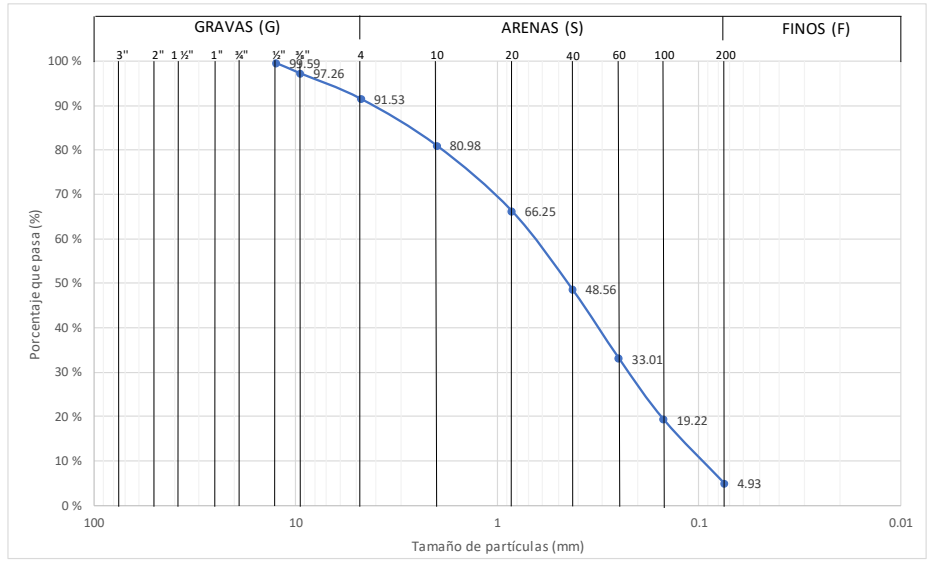
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 06
 MUESTRA No.: 26

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1590.45 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.87 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1125.58 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 95.38 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 974.73 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	118.72	10.55	80.98
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	165.82	14.73	66.25
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	199.08	17.69	48.56
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	175.00	15.55	33.01
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	155.18	13.79	19.22
1/2"	12.5	4.63	0.41	99.59	N°200	0.075	160.93	14.30	4.93
3/8"	9.5	26.16	2.32	97.26	Pasa		55.46	4.93	0.00
N°4	4.75	64.59	5.74	91.53	SUMA		1030.19	91.53	
Pasa		1030.19	91.53						
SUMA		1125.57	100						



$$D_{10} = 0.095 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.65}{0.095} = 6.84 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.225 \quad G = 8.47 \%$$

$$D_{60} = 0.65 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.050625}{0.06175} = 0.82 \quad S = 86.60 \%$$

$$F = 4.93 \%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = 48.56 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP (Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos)

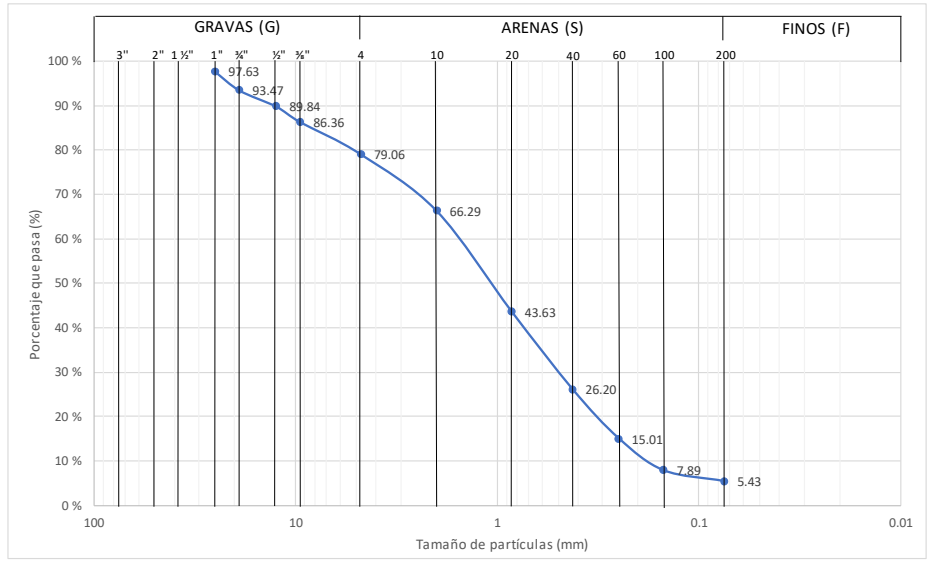
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 06
 MUESTRA No.: 27

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1612.69 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.87 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1147.82 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 240.35 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 845.09 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	146.52	12.77	66.29
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	260.20	22.67	43.63
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	200.05	17.43	26.20
1"	25	27.26	2.37	97.63	N°60	0.25	128.45	11.19	15.01
3/4"	19	47.72	4.16	93.47	N°100	0.15	81.73	7.12	7.89
1/2"	12.5	41.64	3.63	89.84	N°200	0.075	28.14	2.45	5.43
3/8"	9.5	39.98	3.48	86.36	Pasa		62.37	5.43	0.00
N°4	4.75	83.75	7.30	79.06	SUMA		907.46	79.06	
Pasa		907.46	79.06						
SUMA		1147.81	100						



$$D_{10} = 0.19 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1.4}{0.19} = 7.37 \quad \text{Retenido en malla de } 3'' = \underline{0.00 \%}$$

$$D_{30} = 0.5 \quad \text{G} = \underline{20.94 \%}$$

$$D_{60} = 1.4 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.25}{0.266} = 0.94 \quad \text{S} = \underline{73.63 \%}$$

$$\text{F} = \underline{5.43 \%}$$

$$\text{Pasa N° 40} = \underline{26.20 \%}$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

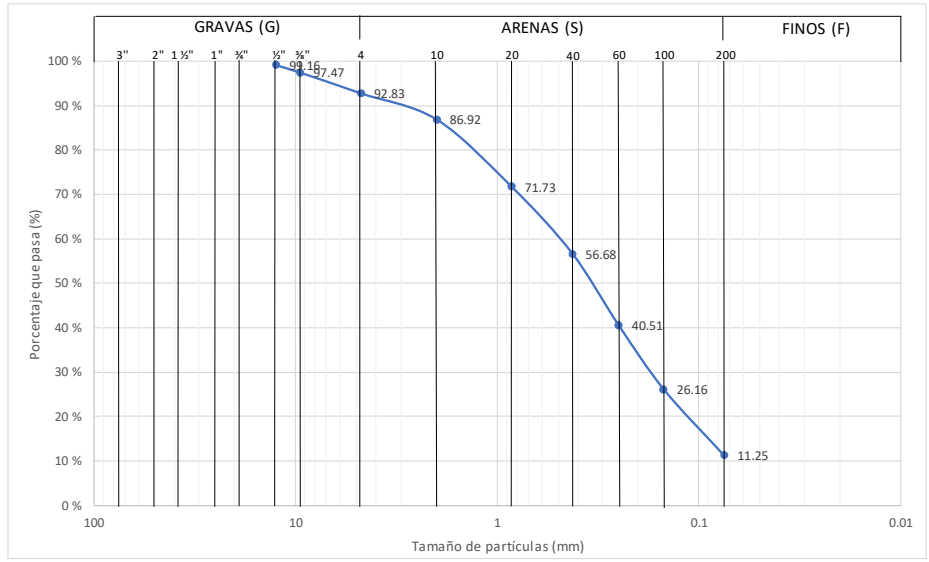
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 08
 MUESTRA No.: 18

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 965.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 711.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 51.00 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 580.00 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	42.00	5.91	86.92
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	108.00	15.19	71.73
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	107.00	15.05	56.68
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	115.00	16.17	40.51
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	102.00	14.35	26.16
1/2"	12.5	6.00	0.84	99.16	N°200	0.075	106.00	14.91	11.25
3/8"	9.5	12.00	1.69	97.47	Pasa		80.00	11.25	0.00
N°4	4.75	33.00	4.64	92.83	SUMA		660.00	92.83	
Pasa		660.00	92.83						
SUMA		711	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.5}{0.075} = 6.67 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.18 \quad G = 7.17 \%$$

$$D_{60} = 0.5 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0324}{0.0375} = 0.86 \quad S = 81.58 \%$$

$$F = 11.25 \%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = 56.68 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

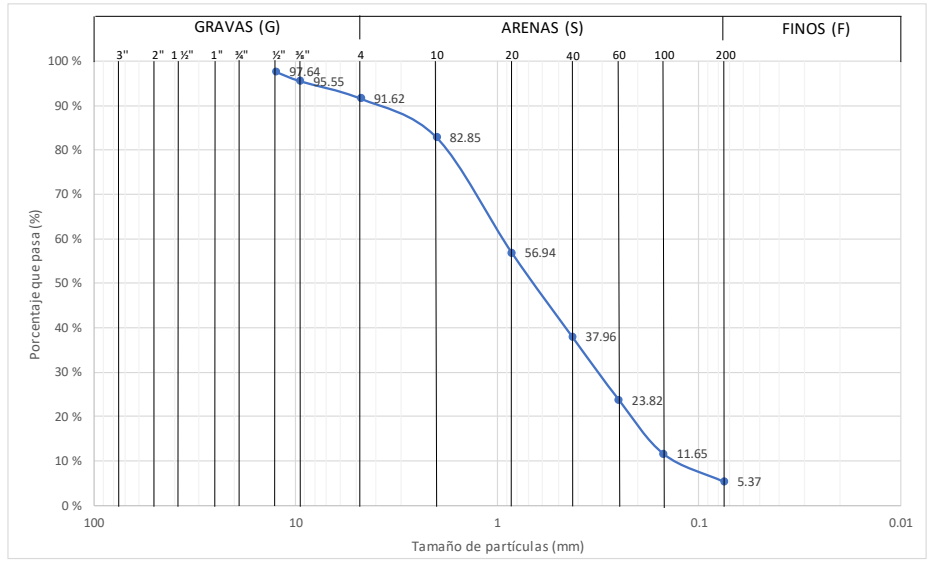
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 08
 MUESTRA No.: 19

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 932.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 678.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 56.79 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 584.82 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	59.46	8.77	82.85
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	175.71	25.92	56.94
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	128.68	18.98	37.96
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	95.84	14.14	23.82
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	82.53	12.17	11.65
1/2"	12.5	15.97	2.36	97.64	N°200	0.075	42.60	6.28	5.37
3/8"	9.5	14.20	2.09	95.55	Pasa		36.38	5.37	0.00
N°4	4.75	26.62	3.93	91.62	SUMA		621.20	91.62	
Pasa		621.20	91.62						
SUMA		677.99	100						



$$D_{10} = 0.14 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.95}{0.14} = 6.79 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.31 \quad G = 8.38\%$$

$$D_{60} = 0.95 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0961}{0.133} = 0.72 \quad S = 86.26\%$$

$$F = 5.37\%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = 37.96\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

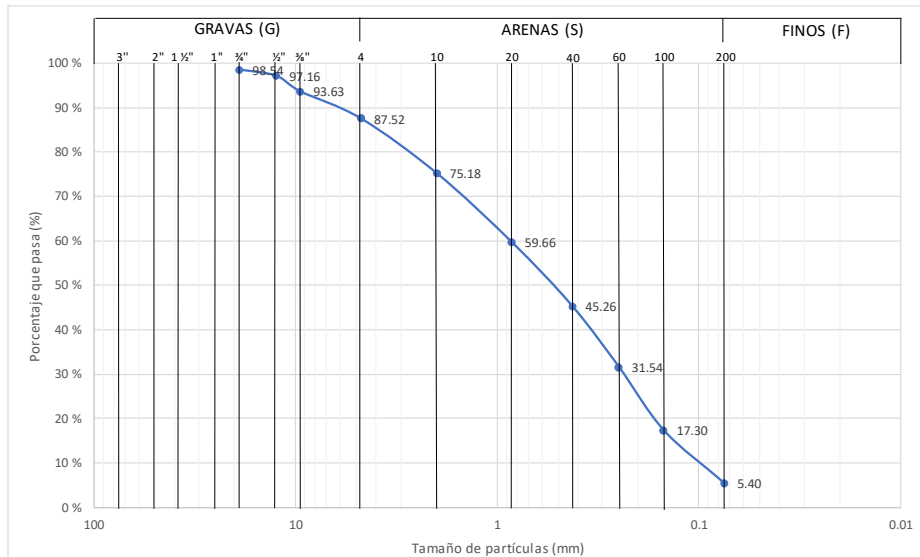
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 08
 MUESTRA No.: 20

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1510.28 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 465.11 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1045.17 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 130.40 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 858.37 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	129.04	12.35	75.18
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	162.18	15.52	59.66
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	150.54	14.40	45.26
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	143.42	13.72	31.54
3/4"	19	15.23	1.46	98.54	N°100	0.15	148.75	14.23	17.30
1/2"	12.5	14.44	1.38	97.16	N°200	0.075	124.44	11.91	5.40
3/8"	9.5	36.95	3.54	93.63	Pasa		56.41	5.40	0.00
N°4	4.75	63.78	6.10	87.52	SUMA		914.78	87.52	
Pasa		914.78	87.52						
SUMA		1045.18	100						



$$D_{10} = 0.1 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.85}{0.1} = 8.50 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.24 \quad G = 12.48 \%$$

$$D_{60} = 0.85 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0576}{0.085} = 0.68 \quad S = 82.13 \%$$

$$F = 5.40 \%$$

$$\text{Pasa N}^\circ 40 = 45.26 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

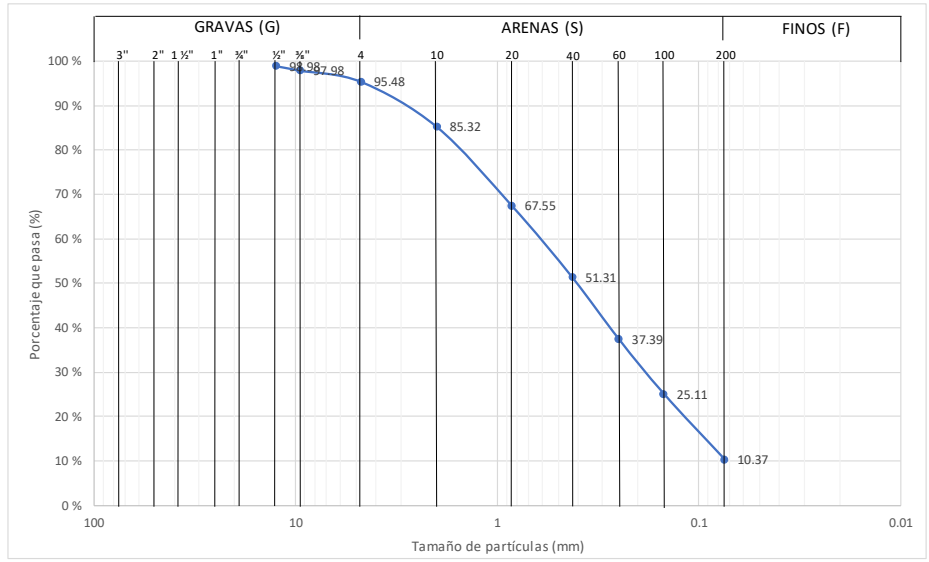
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 08
 MUESTRA No.: 21

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1596.28 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.76 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1131.52 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 51.18 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 962.96 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	114.90	10.15	85.32
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	201.06	17.77	67.55
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	183.81	16.24	51.31
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	157.45	13.91	37.39
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	139.05	12.29	25.11
1/2"	12.5	11.58	1.02	98.98	N°200	0.075	166.69	14.73	10.37
3/8"	9.5	11.27	1.00	97.98	Pasa		117.38	10.37	0.00
N°4	4.75	28.33	2.50	95.48	SUMA		1080.34	95.48	
Pasa		1080.34	95.48						
SUMA		1131.52	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.6}{0.075} = 8.00 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.19 \quad \text{G} = 4.52 \%$$

$$D_{60} = 0.6 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0361}{0.045} = 0.80 \quad \text{S} = 85.10 \%$$

$$\text{F} = 10.37 \%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 51.31 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

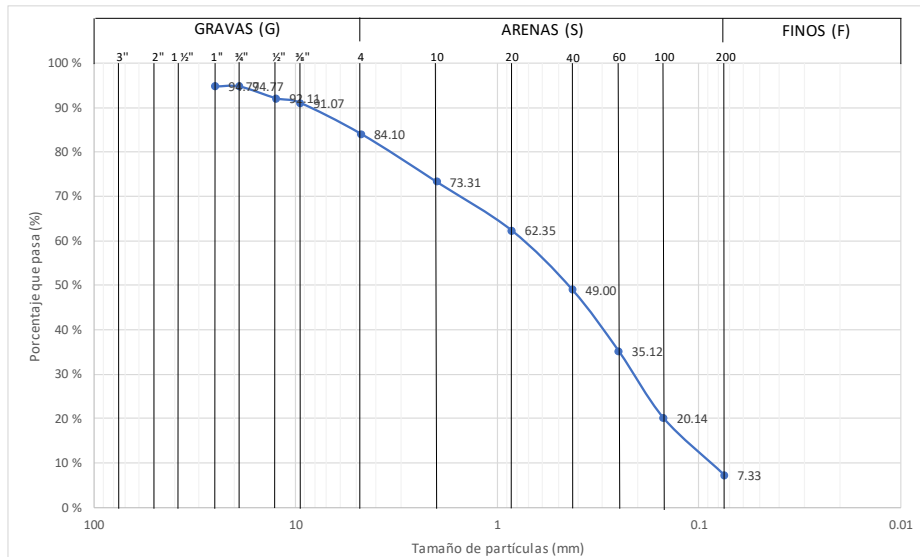
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 08
 MUESTRA No.: 22.

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1593.85 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.86 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1128.99 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 179.46 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 866.81 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	121.86	10.79	73.31
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	123.77	10.96	62.35
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	150.65	13.34	49.00
1"	25	59.02	5.23	94.77	N°60	0.25	156.72	13.88	35.12
3/4"	19	0.00	0.00	94.77	N°100	0.15	169.13	14.98	20.14
1/2"	12.5	30.07	2.66	92.11	N°200	0.075	144.68	12.82	7.33
3/8"	9.5	11.78	1.04	91.07	Pasa		82.71	7.33	0.00
N°4	4.75	78.59	6.96	84.10	SUMA		949.52	84.10	
Pasa		949.52	84.10						
SUMA		1128.98	100						



$$D_{10} = 0.089 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.75}{0.089} = 8.43 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.22$$

$$D_{60} = 0.75 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0484}{0.06675} = 0.73 \quad \text{Pasa N° 40} = 49.00 \%$$

G = 15.90 %
 S = 76.78 %
 F = 7.33 %

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

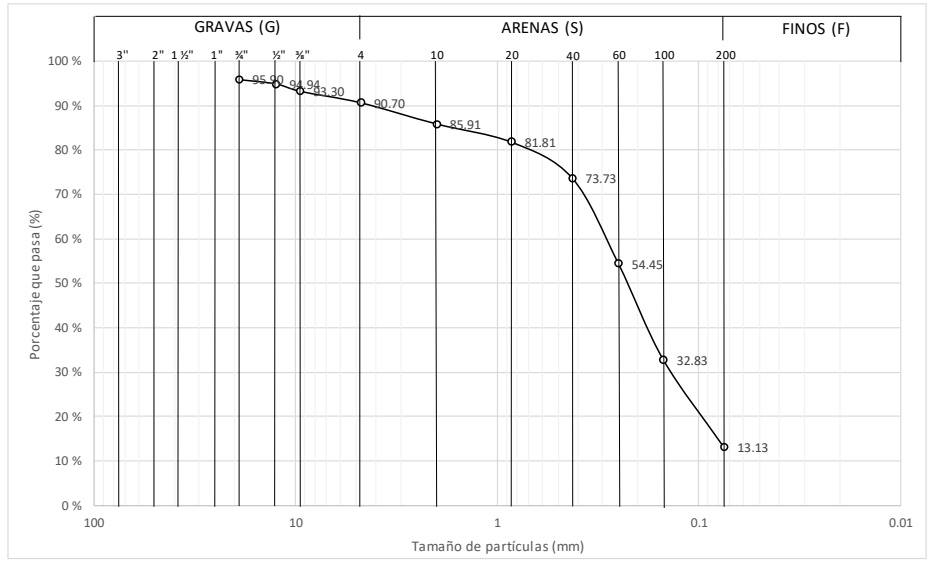
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 07
 MUESTRA No.: 28

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 965.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 711.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 66.14 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 551.49 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	34.04	4.79	85.91
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	29.18	4.10	81.81
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	57.39	8.07	73.73
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	137.14	19.29	54.45
3/4"	19	29.18	4.10	95.90	N°100	0.15	153.68	21.61	32.83
1/2"	12.5	6.81	0.96	94.94	N°200	0.075	140.06	19.70	13.13
3/8"	9.5	11.67	1.64	93.30	Pasa		93.37	13.13	0.00
N°4	4.75	18.48	2.60	90.70	SUMA		644.86	90.70	
Pasa		644.86	90.70						
SUMA		711	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.29}{0.075} = 3.87 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.15$$

$$D_{60} = 0.29 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0225}{0.02175} = 1.03 \quad \text{Pasa N° 40} = 73.73 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

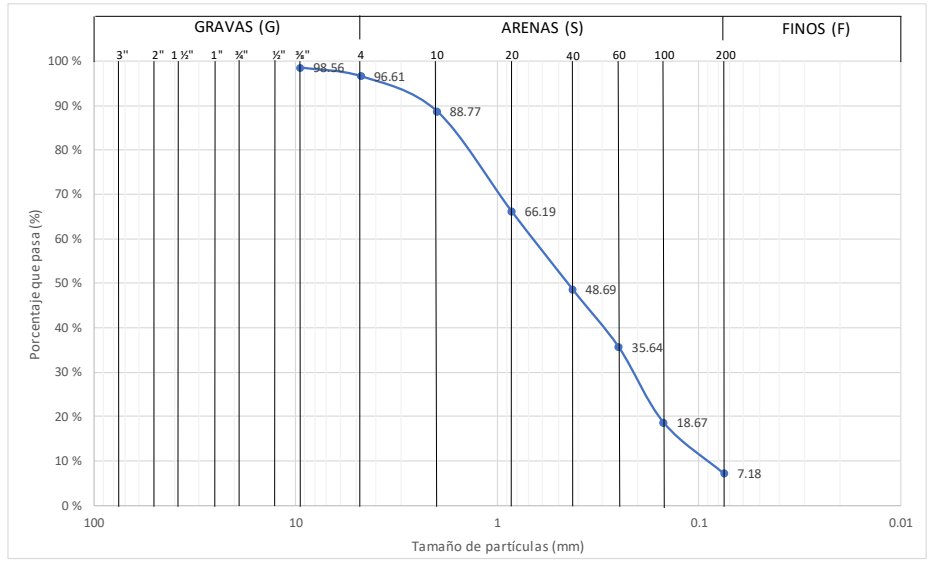
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 07
 MUESTRA No.: 29

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 956.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 702.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 23.83 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 627.77 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	54.99	7.83	88.77
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	158.55	22.59	66.19
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	122.80	17.49	48.69
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	91.64	13.05	35.64
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	119.14	16.97	18.67
1/2"	12.5	0.00	0.00	100.00	N°200	0.075	80.65	11.49	7.18
3/8"	9.5	10.08	1.44	98.56	Pasa		50.40	7.18	0.00
N°4	4.75	13.75	1.96	96.61	SUMA		678.17	96.61	
Pasa		678.17	96.61						
SUMA		702	100						



$$D_{10} = 0.09 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.69}{0.09} = 7.67 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.21 \quad G = 3.39 \%$$

$$D_{60} = 0.69 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0441}{0.0621} = 0.71 \quad S = 89.43 \%$$

$$F = 7.18 \%$$

$$Pasa N° 40 = 48.69 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

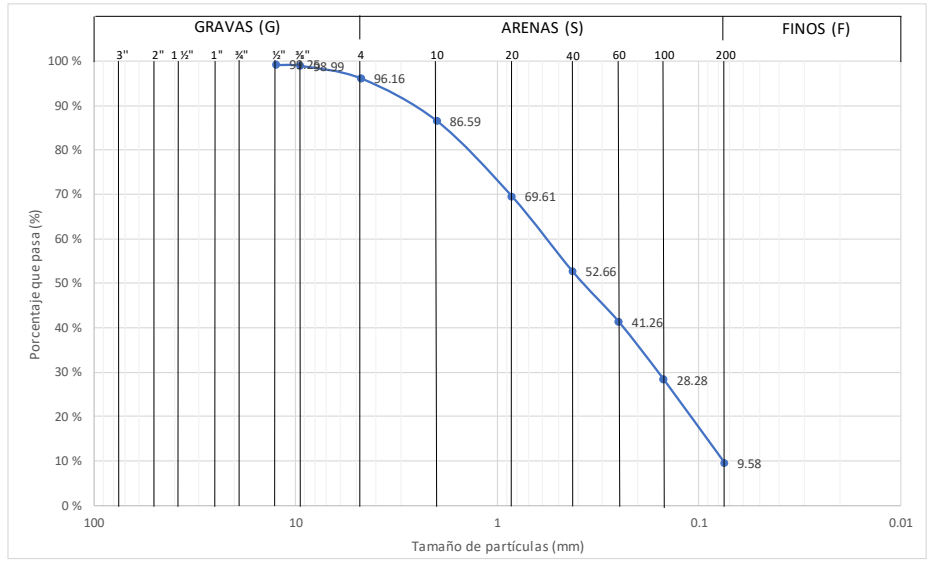
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 07
 MUESTRA No.: 30

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1605.68 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 463.10 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1142.58 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 43.86 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 989.19 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	109.36	9.57	86.59
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	194.05	16.98	69.61
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	193.65	16.95	52.66
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	130.20	11.40	41.26
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	148.27	12.98	28.28
1/2"	12.5	8.55	0.75	99.25	N°200	0.075	213.66	18.70	9.58
3/8"	9.5	3.00	0.26	98.99	Pasa		109.51	9.58	0.00
N°4	4.75	32.31	2.83	96.16	SUMA		1098.70	96.16	
Pasa		1098.70	96.16						
SUMA		1142.56	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.59}{0.075} = 7.87 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.17 \quad G = 3.84 \%$$

$$D_{60} = 0.59 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0289}{0.04425} = 0.65 \quad S = 86.58 \%$$

$$F = 9.58 \%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 52.66 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

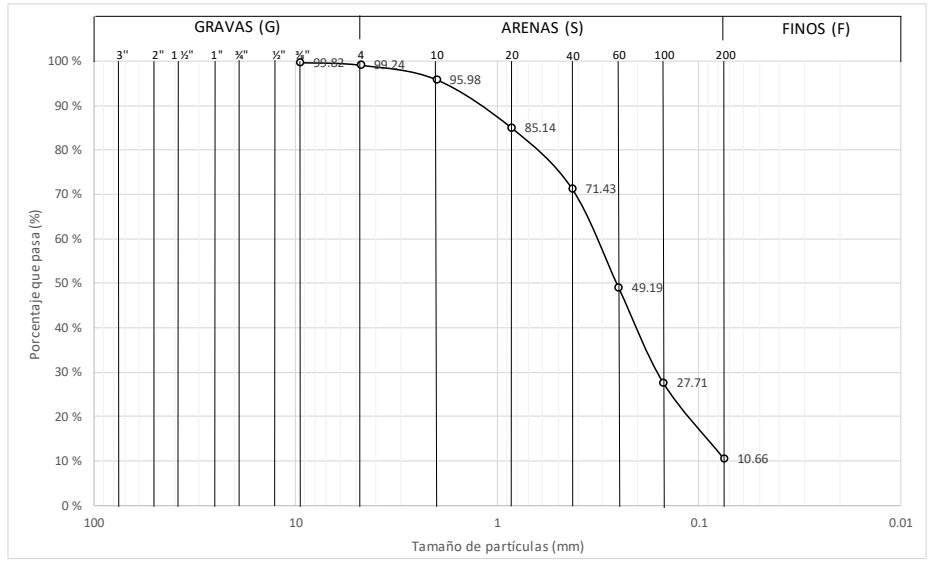
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 07
 MUESTRA No.: 31

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1497.92 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.76 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1033.16 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 7.89 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 915.10 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	33.62	3.25	95.98
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	112.00	10.84	85.14
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	141.70	13.72	71.43
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	229.72	22.23	49.19
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	221.94	21.48	27.71
1/2"	12.5	0.00	0.00	100.00	N°200	0.075	176.12	17.05	10.66
3/8"	9.5	1.83	0.18	99.82	Pasa		110.16	10.66	0.00
N°4	4.75	6.06	0.59	99.24	SUMA		1025.26	99.24	
Pasa		1025.26	99.24						
SUMA		1033.15	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.32}{0.075} = 4.27 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.17$$

$$D_{60} = 0.32 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0289}{0.024} = 1.20 \quad \text{Pasa N° 40} = 71.43 \%$$

G = 0.76 %
 S = 88.57 %
 F = 10.66 %

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SC (Arena mal graduada arcillosa; mezcla de arena, grava y arcilla)

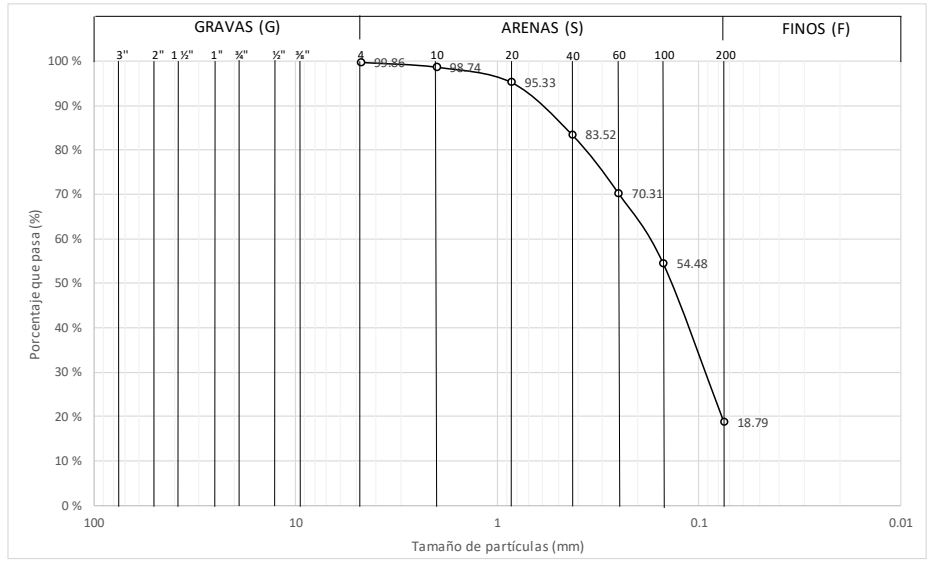
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 07
 MUESTRA No.: 32

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1603.13 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 463.10 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1140.03 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 1.59 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 924.18 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	12.83	1.13	98.74
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	38.86	3.41	95.33
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	134.61	11.81	83.52
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	150.56	13.21	70.31
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	180.47	15.83	54.48
1/2"	12.5	0.00	0.00	100.00	N°200	0.075	406.85	35.69	18.79
3/8"	9.5	0.00	0.00	100.00	Pasa		214.26	18.79	0.00
N°4	4.75	1.59	0.14	99.86	SUMA		1138.44	99.86	
Pasa		1138.44	99.86						
SUMA		1140.03	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.17}{0.075} = 2.27 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.09 \quad \text{G} = 0.14 \%$$

$$D_{60} = 0.17 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0081}{0.01275} = 0.64 \quad \text{S} = 81.07 \%$$

$$\text{F} = 18.79 \%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 83.52 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

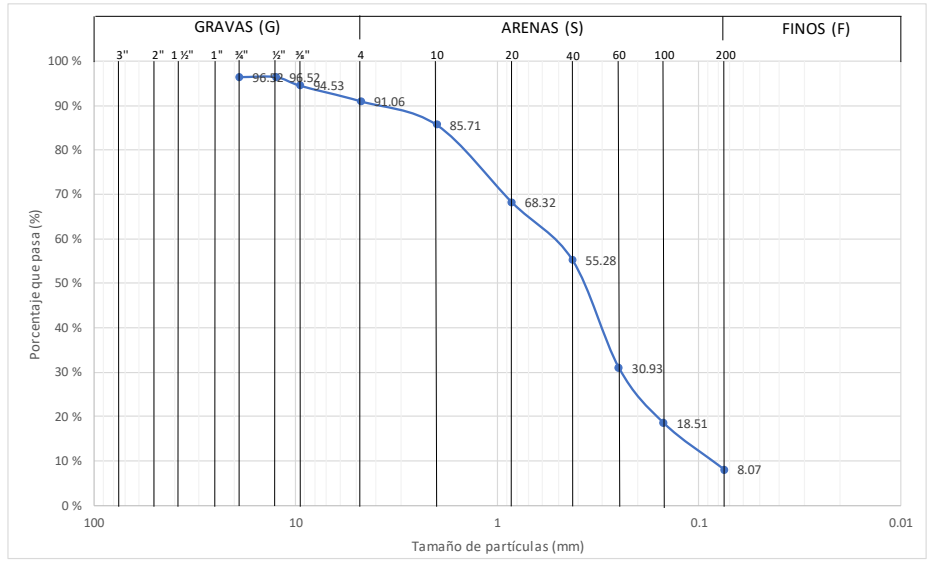
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 09
 MUESTRA No.: 11

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 939.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 685.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 61.27 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 568.42 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	36.59	5.34	85.71
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	119.13	17.39	68.32
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	89.35	13.04	55.28
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	166.78	24.35	30.93
3/4"	19	23.83	3.48	96.52	N°100	0.15	85.09	12.42	18.51
1/2"	12.5	0.00	0.00	96.52	N°200	0.075	71.48	10.44	8.07
3/8"	9.5	13.61	1.99	94.53	Pasa		55.31	8.07	0.00
N°4	4.75	23.83	3.48	91.06	SUMA		623.73	91.06	
Pasa		623.73	91.06						
SUMA		685	100						



$$D_{10} = 0.075 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.52}{0.075} = 6.93 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \underline{0.00 \%}$$

$$D_{30} = 0.25$$

$$D_{60} = 0.52 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0625}{0.039} = 1.60 \quad \text{Pasa N° 40} = \underline{55.28 \%}$$

$$G = \underline{8.94 \%}$$

$$S = \underline{82.98 \%}$$

$$F = \underline{8.07 \%}$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SW-SM (Arena bien graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

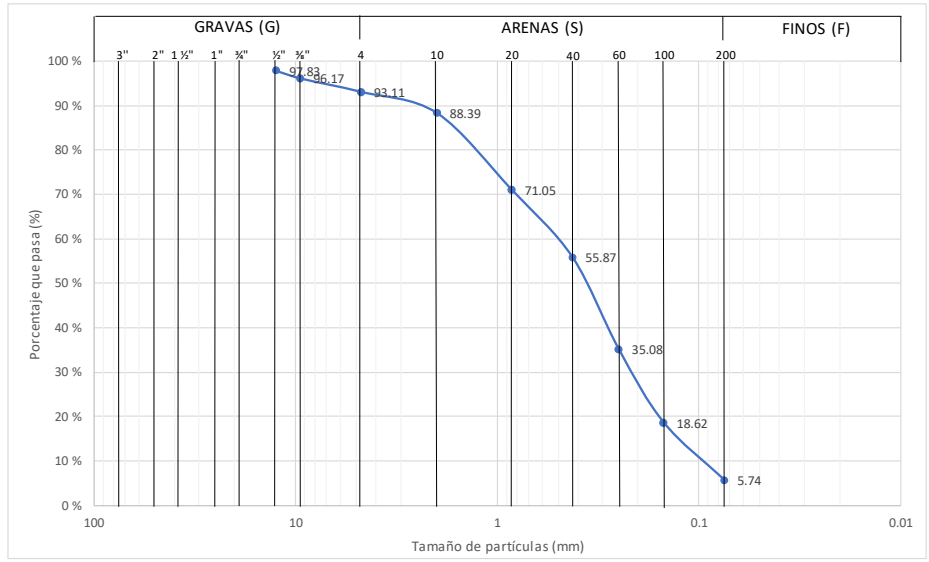
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 09
 MUESTRA No.: 12

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 932.00 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 254.00 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 678.00 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 46.70 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 592.38 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	32.00	4.72	88.39
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	117.61	17.35	71.05
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	102.91	15.18	55.87
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	140.96	20.79	35.08
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	111.56	16.45	18.62
1/2"	12.5	14.70	2.17	97.83	N°200	0.075	87.34	12.88	5.74
3/8"	9.5	11.24	1.66	96.17	Pasa		38.92	5.74	0.00
N°4	4.75	20.76	3.06	93.11	SUMA		631.30	93.11	
Pasa		631.30	93.11						
SUMA		678	100						



$$D_{10} = 0.095 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.5}{0.095} = 5.26 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00\%$$

$$D_{30} = 0.22 \quad \text{G} = 6.89\%$$

$$D_{60} = 0.5 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0484}{0.0475} = 1.02 \quad \text{S} = 87.37\%$$

$$\text{F} = 5.74\%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 55.87\%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SW-SM (Arena bien graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

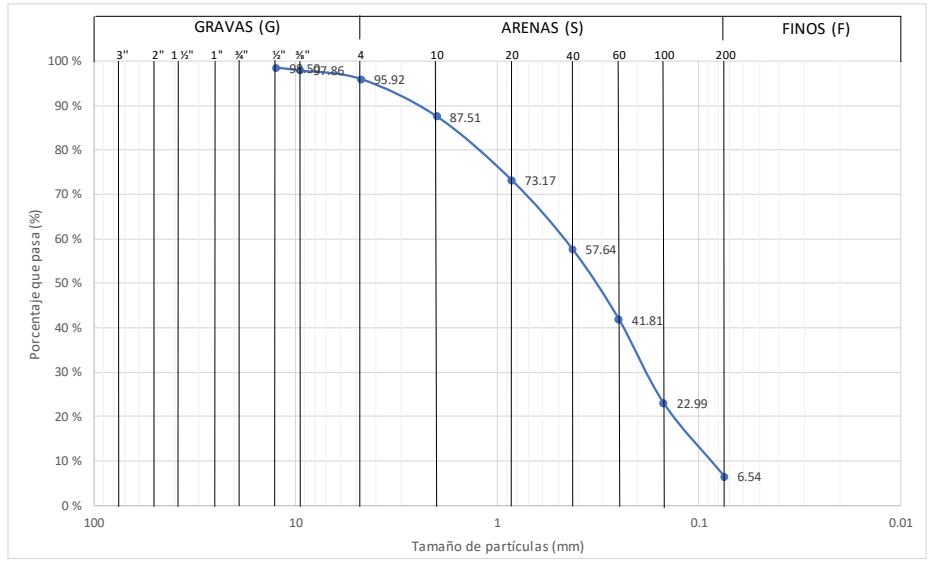
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 09
 MUESTRA No.: 15

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1459.67 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.76 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 994.91 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 40.57 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 889.23 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	83.67	8.41	87.51
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	142.71	14.34	73.17
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	154.49	15.53	57.64
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	157.52	15.83	41.81
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	187.23	18.82	22.99
1/2"	12.5	14.90	1.50	98.50	N°200	0.075	163.61	16.44	6.54
3/8"	9.5	6.44	0.65	97.86	Pasa		65.11	6.54	0.00
N°4	4.75	19.23	1.93	95.92	SUMA		954.34	95.92	
Pasa		954.34	95.92						
SUMA		994.91	100						



$$D_{10} = 0.089 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.48}{0.089} = 5.39 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.18 \quad G = 4.08 \%$$

$$D_{60} = 0.48 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0324}{0.04272} = 0.76 \quad S = 89.38 \%$$

$$F = 6.54 \%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 57.64 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

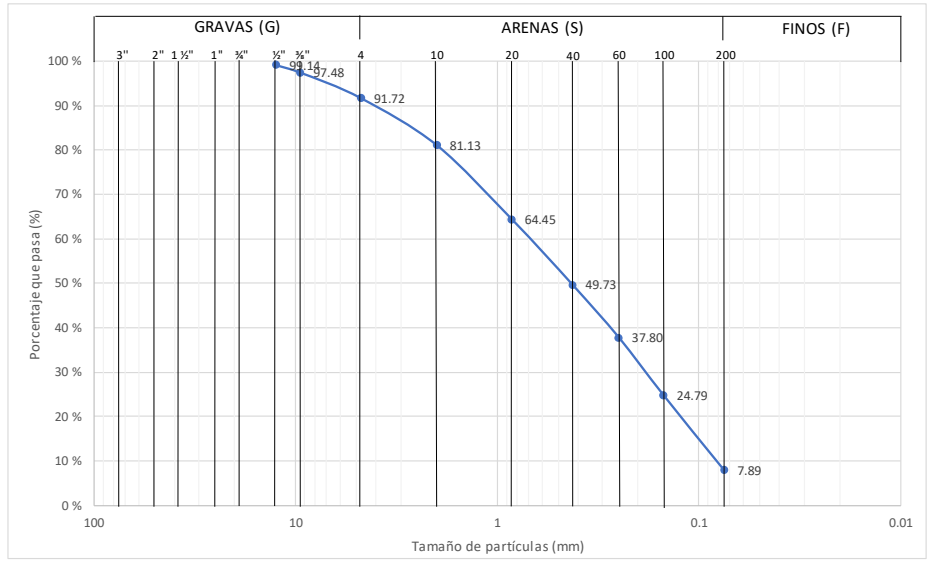
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 09
 MUESTRA No.: 16

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1600.65 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.87 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1135.78 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 94.03 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 952.15 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	120.32	10.59	81.13
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	189.37	16.67	64.45
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	167.26	14.73	49.73
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	135.42	11.92	37.80
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	147.85	13.02	24.79
1/2"	12.5	9.82	0.86	99.14	N°200	0.075	191.93	16.90	7.89
3/8"	9.5	18.85	1.66	97.48	Pasa		89.60	7.89	0.00
N°4	4.75	65.36	5.75	91.72	SUMA		1041.75	91.72	
Pasa		1041.75	91.72						
SUMA		1135.78	100						



$$D_{10} = 0.082 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.7}{0.082} = 8.54 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = 0.00 \%$$

$$D_{30} = 0.19 \quad \text{G} = 8.28 \%$$

$$D_{60} = 0.7 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.0361}{0.0574} = 0.63 \quad \text{S} = 83.83 \%$$

$$\text{F} = 7.89 \%$$

$$\text{Pasa N° 40} = 49.73 \%$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SP-SM (Arena mal graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

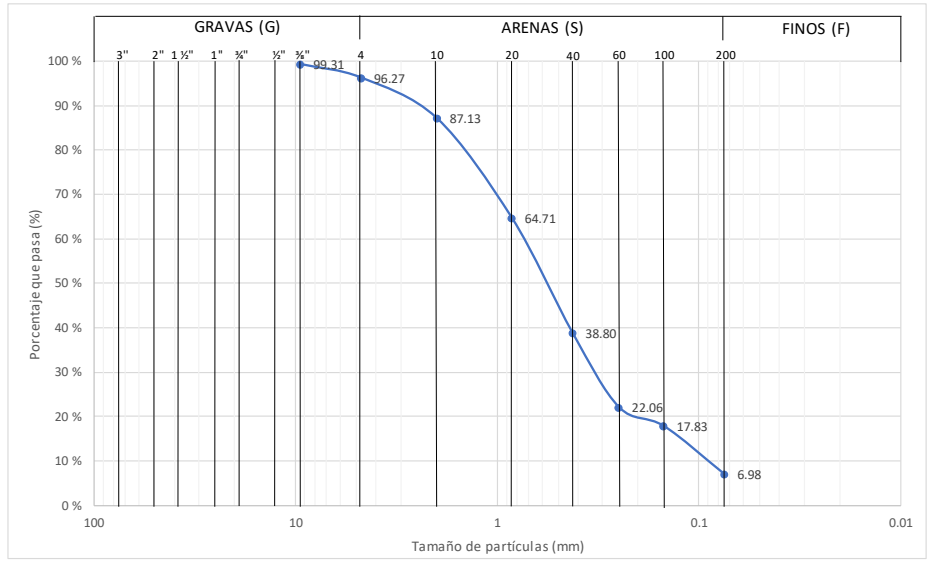
MUESTRA TOMADA DE: La superficie del suelo

LUGAR: COBOS
 PARCELA No.: 09
 MUESTRA No.: 17

MASA DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA: 1602.53 gr
 MASA DEL RECIPIENTE: 464.87 gr
 MASA DE LA MUESTRA (Wm): 1137.66 gr
 DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN LA MALLA N°4 (Wm1): 42.40 gr
 DE LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA N°4 (Wm2): 1015.89 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4					MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4				
MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA	MALLA	ABERTURA	MASA RETENIDA	RETENIDO PARCIAL	MATERIAL QUE PASA
	(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)		(mm)	Wi (gr)	(%)	(%)
3"	75	0.00	0.00	100.00	N°10	2	104.03	9.14	87.13
2"	50	0.00	0.00	100.00	N°20	0.85	255.10	22.42	64.71
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	N°40	0.425	294.72	25.91	38.80
1"	25	0.00	0.00	100.00	N°60	0.25	190.45	16.74	22.06
3/4"	19	0.00	0.00	100.00	N°100	0.15	48.12	4.23	17.83
1/2"	12.5	0.00	0.00	100.00	N°200	0.075	123.47	10.85	6.98
3/8"	9.5	7.80	0.69	99.31	Pasa		79.37	6.98	0.00
N°4	4.75	34.60	3.04	96.27	SUMA		1095.26	96.27	
Pasa		1095.26	96.27						
SUMA		1137.66	100						



$$D_{10} = 0.09 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.75}{0.09} = 8.33 \quad \text{Retenido en malla de 3"} = \underline{0.00 \%}$$

$$D_{30} = 0.33 \quad \text{G} = \underline{3.73 \%}$$

$$D_{60} = 0.75 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{0.1089}{0.0675} = 1.61 \quad \text{S} = \underline{89.30 \%}$$

$$\text{F} = \underline{6.98 \%}$$

$$\text{Pasa N° 40} = \underline{38.80 \%}$$

CLASIFICACIÓN SCT Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: SW-SM (Arena bien graduada limosa; mezcla de arena, grava y limo)

Anexo B. Tablas de análisis de porosidad.

Parcela 04 Muestra 01					
Porosidad					
Dimensiones	Largo	Ancho	Alto		
	33.5	33.5	29	32545.25	mm ³
				Peso Seco (W_{ag})	39.27 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	44.69 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	6.30 ml
				Volumen del agregado (V_T)	32.55 ml
				Porosidad (ϕ)	19.36 %

Parcela 04 Muestra 02					
Porosidad					
Dimensiones	Largo	Ancho	Alto		
	34	34	32.5	37570	mm ³
				Peso Seco (W_{ag})	43.59 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	52.19 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	10.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	37.57 ml
				Porosidad (ϕ)	0.27

Parcela 04 Muestra 03					
Porosidad					
Dimensiones	Largo	Ancho	Alto		
	37	33	17	20757	mm ³
				Peso Seco (W_{ag})	27.13 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	29.36 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	2.59 ml
				Volumen del agregado (V_T)	20.76 ml
				Porosidad (ϕ)	0.12

Parcela 04 Muestra 04					
Porosidad					
Dimensiones	Largo	Ancho	Alto		
	26	24	30	18720	mm ³
				Peso Seco (W_{ag})	22.40 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	27.69 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	6.15 ml
				Volumen del agregado (V_T)	18.72 ml
				Porosidad (ϕ)	0.33

Parcela 04 Muestra 05					
Porosidad					
Dimensiones	Largo	Ancho	Alto		
	31	20	20.5	12710	mm ³
				Peso Seco (W_{ag})	14.04 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	16.71 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	3.10 ml
				Volumen del agregado (V_T)	12.71 ml
				Porosidad (ϕ)	0.24

Parcela 10 Muestra 33					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	23	24.5	32.5	18313.75	mm3
			Peso Seco (W_{ag})	13.49	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	16.39	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	3.37	ml
			Volumen del agregado (V_T)	18.31	ml
			Porosidad (ϕ)	0.18	

Parcela 10 Muestra 34					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	33.5	21.5	18	12964.5	mm3
			Peso Seco (W_{ag})	13.05	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	15.92	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	3.34	ml
			Volumen del agregado (V_T)	12.96	ml
			Porosidad (ϕ)	0.26	

Parcela 10 Muestra 35					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	30	33	30.5	30195	mm3
			Peso Seco (W_{ag})	33.14	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	40.01	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	7.99	ml
			Volumen del agregado (V_T)	30.20	ml
			Porosidad (ϕ)	0.26	

Parcela 10 Muestra 36					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	24.5	25.5	27.5	17180.625	mm3
			Peso Seco (W_{ag})	18.89	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	22.70	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	4.43	ml
			Volumen del agregado (V_T)	17.18	ml
			Porosidad (ϕ)	0.26	

Parcela 10 Muestra 37					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	22	22	22	10648	mm3
			Peso Seco (W_{ag})	10.69	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	13.66	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	3.45	ml
			Volumen del agregado (V_T)	10.65	ml
			Porosidad (ϕ)	0.32	

Parcela 11 Muestra 38					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	30	29	30	26100	mm ³
			Peso Seco (W_{ag})	32.13	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	37.06	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	5.73	ml
			Volumen del agregado (V_T)	26.10	ml
			Porosidad (ϕ)	0.22	

Parcela 11 Muestra 40					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	33	37	39	47619	mm ³
			Peso Seco (W_{ag})	57.55	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	66.79	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	10.74	ml
			Volumen del agregado (V_T)	47.62	ml
			Porosidad (ϕ)	0.23	

Parcela 11 Muestra 41					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	19	17	25	8075	mm ³
			Peso Seco (W_{ag})	9.03	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	10.94	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	2.22	ml
			Volumen del agregado (V_T)	8.08	ml
			Porosidad (ϕ)	0.28	

Parcela 11 Muestra 42					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	15.5	27.5	26.5	11295.625	mm ³
			Peso Seco (W_{ag})	12.43	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	15.21	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	3.23	ml
			Volumen del agregado (V_T)	11.30	ml
			Porosidad (ϕ)	0.29	

Parcela 11 Muestra 43					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	20.5	19	18.5	7205.75	mm ³
			Peso Seco (W_{ag})	8.26	g
			Peso Saturado (W_{ag-al})	9.90	g
			Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86	g/ml
			Volumen interno del agregado (V_i)	1.91	ml
			Volumen del agregado (V_T)	7.21	ml
			Porosidad (ϕ)	0.26	

Parcela 01 Muestra 06					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	30	25	26	19500	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	19.45 g
				Peso Saturado (W_{ag-ai})	22.43 g
				Dencidad alcohol (ρ_{ai})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	3.47 ml
				Volumen del agregado (V_T)	19.50 ml
				Porosidad (ϕ)	0.18

Parcela 01 Muestra 07					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	28	22	25	15400	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	18.81 g
				Peso Saturado (W_{ag-ai})	22.24 g
				Dencidad alcohol (ρ_{ai})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	3.99 ml
				Volumen del agregado (V_T)	15.40 ml
				Porosidad (ϕ)	0.26

Parcela 01 Muestra 08					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	28.5	20	17.5	9975	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	13.00 g
				Peso Saturado (W_{ag-ai})	14.67 g
				Dencidad alcohol (ρ_{ai})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	1.94 ml
				Volumen del agregado (V_T)	9.98 ml
				Porosidad (ϕ)	0.19

Parcela 01 Muestra 09					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	30	25	27	20250	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	28.56 g
				Peso Saturado (W_{ag-ai})	30.89 g
				Dencidad alcohol (ρ_{ai})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	2.71 ml
				Volumen del agregado (V_T)	20.25 ml
				Porosidad (ϕ)	0.13

Parcela 01 Muestra 10					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	42	44	47	86856	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	98.41 g
				Peso Saturado (W_{ag-ai})	122.36 g
				Dencidad alcohol (ρ_{ai})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	27.85 ml
				Volumen del agregado (V_T)	86.86 ml
				Porosidad (ϕ)	0.32

Parcela 08 Muestra 18					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones				0	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	0.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	0.00 ml
				Porosidad (ϕ)	0.21

Parcela 08 Muestra 19					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones				0	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	0.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	0.00 ml
				Porosidad (ϕ)	0.21

Parcela 08 Muestra 20					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	30	35	20	21000	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	32.99 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	34.71 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	2.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	21.00 ml
				Porosidad (ϕ)	0.10

Parcela 08 Muestra 21					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	26	30	27	21060	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	23.65 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	28.46 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	5.59 ml
				Volumen del agregado (V_T)	21.06 ml
				Porosidad (ϕ)	0.27

Parcela 08 Muestra 22					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimensiones	28.5	29	29	23968.5	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	23.55 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	29.31 g
				Densidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	6.70 ml
				Volumen del agregado (V_T)	23.97 ml
				Porosidad (ϕ)	0.28

Parcela 07 Muestra 28					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	14	14	10.5	2058	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	1.92 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	2.39 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	0.55 ml
				Volumen del agregado (V_T)	2.06 ml
				Porosidad (ϕ)	0.27

Parcela 07 Muestra 29					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
				0	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	0.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	0.00 ml
				Porosidad (ϕ)	0.19

Parcela 07 Muestra 30					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	32	27.5	23	20240	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	18.25 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	20.09 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	2.14 ml
				Volumen del agregado (V_T)	20.24 ml
				Porosidad (ϕ)	0.11

Parcela 07 Muestra 31					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	32	23	19.5	14352	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	16.57 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	20.01 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	4.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	14.35 ml
				Porosidad (ϕ)	0.28

Parcela 07 Muestra 32					
Porosidad					
Dimenciones	Largo	Ancho	Alto		
	18	19.5	15.5	5440.5	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	3.96 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	5.64 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	1.95 ml
				Volumen del agregado (V_T)	5.44 ml
				Porosidad (ϕ)	0.36

Parcela 09 Muestra 11					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimenciones				0	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	0.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	0.00 ml
				Porosidad (ϕ)	0.28

Parcela 09 Muestra 12					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimenciones	30	29.5	29.5	26107.5	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	25.70 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	32.37 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	7.76 ml
				Volumen del agregado (V_T)	26.11 ml
				Porosidad (ϕ)	0.30

Parcela 09 Muestra 15					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimenciones	37	27	28	27972	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	32.70 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	39.55 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	7.97 ml
				Volumen del agregado (V_T)	27.97 ml
				Porosidad (ϕ)	0.28

Parcela 09 Muestra 16					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimenciones	20	25	26.5	13250	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	15.46 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	19.76 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	5.00 ml
				Volumen del agregado (V_T)	13.25 ml
				Porosidad (ϕ)	0.38

Parcela 09 Muestra 17					
Porosidad					
	Largo	Ancho	Alto		
Dimenciones	23.5	37	37	32171.5	mm3
				Peso Seco (W_{ag})	34.43 g
				Peso Saturado (W_{ag-al})	41.44 g
				Dencidad alcohol (ρ_{al})	0.86 g/ml
				Volumen interno del agregado (V_i)	8.15 ml
				Volumen del agregado (V_T)	32.17 ml
				Porosidad (ϕ)	0.25

Anexo C. Tablas de análisis hidrométrico.

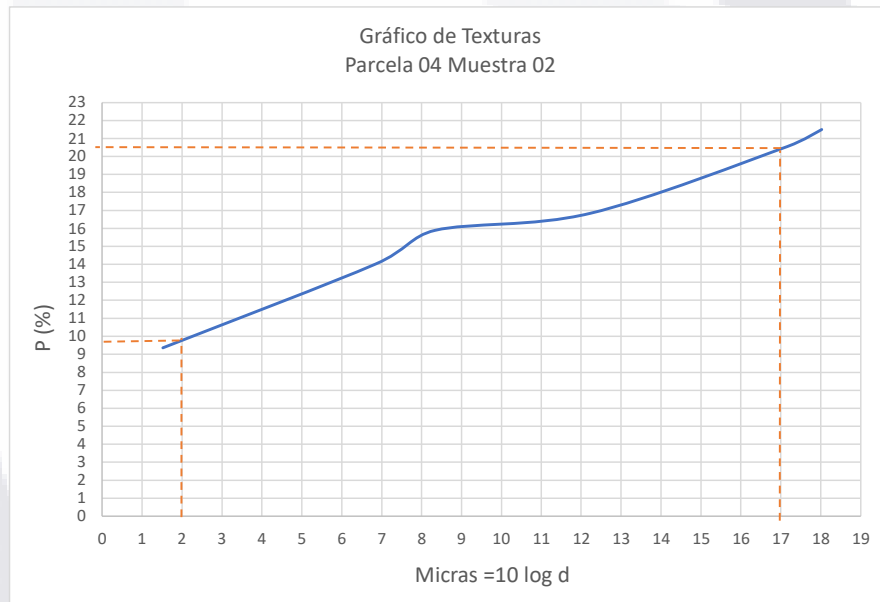
Parcela 04 Muestra 01	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	
Peso vaso (gr)	
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 04 Muestra 01									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	11	22	63.6534314	18.0382182	82.4	15.6	2
2	60	1	9	18	52.69467288	17.2176671			
3	600	10	5	10	17.03181772	12.31261			
4	3600	60	2	4	7.063878597	8.49043227			
5	7200	120	1.5	3	5.007839937	6.99650439			
6	86400	1440	1	2	1.449359952	1.61176257			



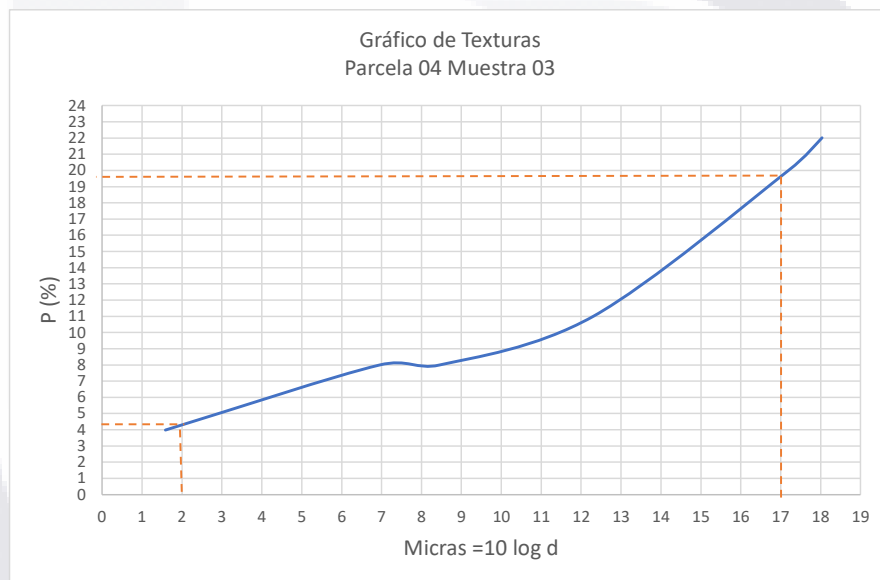
Parcela 04 Muestra 02	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	331.39
Peso vaso (gr)	277.91
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.48
Materia organica eliminada (gr)	1.52
% de materia organica eliminada	2.76

Parcela 04 Muestra 02									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_0}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	11.5	21.50336574	63.47130389	18.0257742	79.6	10.6	9.8
2	60	1	11	20.5684368	52.10257911	17.16859222			
3	600	10	9	16.82872102	16.66351869	12.21766713			
4	3600	60	8.5	15.89379207	6.821828934	8.339008247			
5	7200	120	7.5	14.02393418	4.850486144	6.857852683			
6	86400	1440	5	9.349289454	1.419318144	1.520797546			



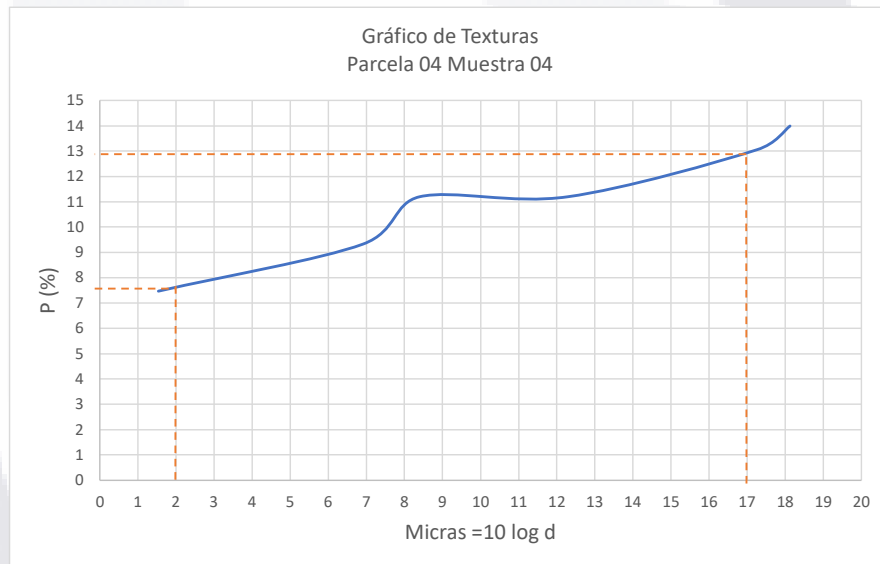
Parcela 04 Muestra 03	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	
Peso vaso (gr)	
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 04 Muestra 03									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	11	22	63.6534314	18.0382182	80.4	15.2	4.4
2	60	1	10	20	52.39946231	17.19326831			
3	600	10	5.5	11	16.98621706	12.30096669			
4	3600	60	4	8	6.990294522	8.444954742			
5	7200	120	4	8	4.942884659	6.939804764			
6	86400	1440	2	4	1.441908181	1.589376058			



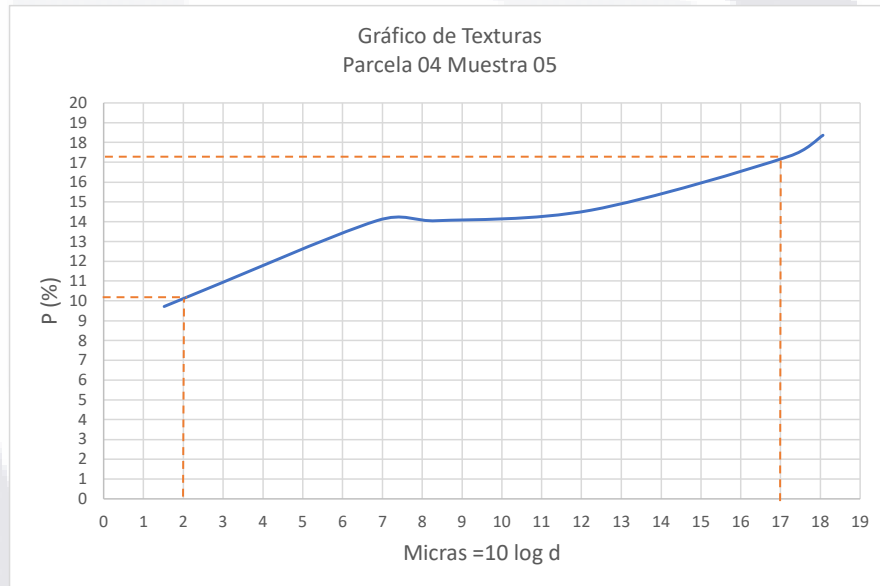
Parcela 04 Muestra 04	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	340.27
Peso vaso (gr)	286.69
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.58
Materia organica eliminada (gr)	1.42
% de materia organica eliminada	2.58

Parcela 04 Muestra 04									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5,57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	7.5	13.99776036	64.91401776	18.1233849	87.1	5.3	7.6
2	60	1	7	13.06457633	53.28018722	17.26565742			
3	600	10	6	11.19820829	16.94049365	12.28926062			
4	3600	60	6	11.19820829	6.915927571	8.398504364			
5	7200	120	5	9.331840239	4.916662274	6.916703776			
6	86400	1440	4	7.465472191	1.426887894	1.543898534			



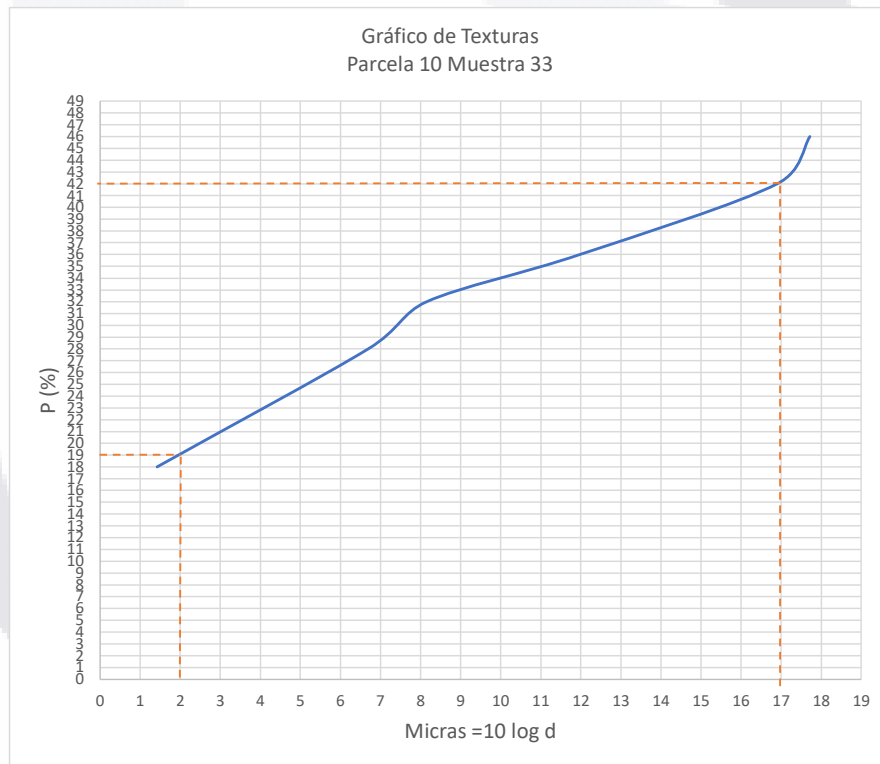
Parcela 04 Muestra 05	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	334.70
Peso vaso (gr)	281.01
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.69
Materia organica eliminada (gr)	1.31
% de materia organica eliminada	2.38

Parcela 04 Muestra 05									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5,57 \sqrt{\frac{98,5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	9.86	18.36468616	64.06674617	18.0663267	82.85	7.05	10.1
2	60	1	9.28	17.2844105	52.61218089	17.210863			
3	600	10	7.83	14.58372136	16.772083	12.24587			
4	3600	60	7.54	14.04358354	6.858115514	8.36204796			
5	7200	120	7.54	14.04358354	4.849419986	6.85689798			
6	86400	1440	5.22	9.722480909	1.417647374	1.51568218			



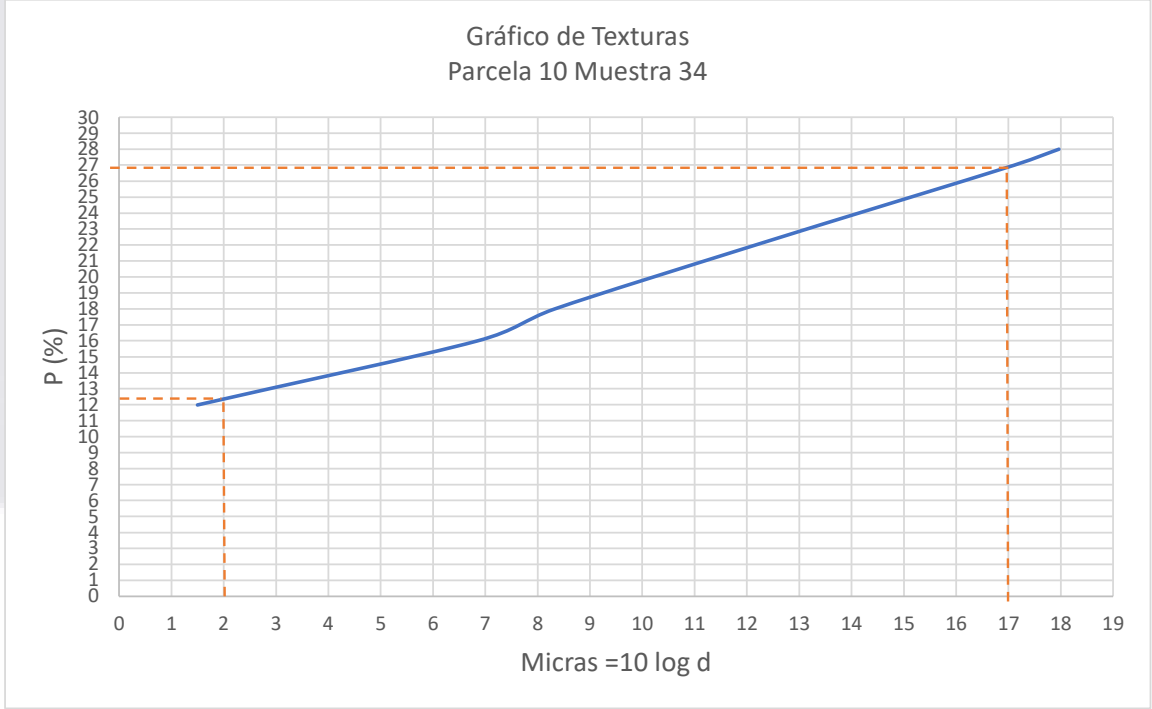
Parcela 10 Muestra 33	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	
Peso vaso (gr)	
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 10 Muestra 33									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5,57 \sqrt{\frac{98,5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	23	46	59.12773865	17.7179127	58	23	19
2	60	1	21	42	49.03498496	16.9050605			
3	600	10	18	36	15.80349471	11.9875314			
4	3600	60	16	32	6.531403946	8.15006544			
5	7200	120	14	28	4.674045402	6.69692927			
6	86400	1440	9	18	1.388626557	1.42585467			



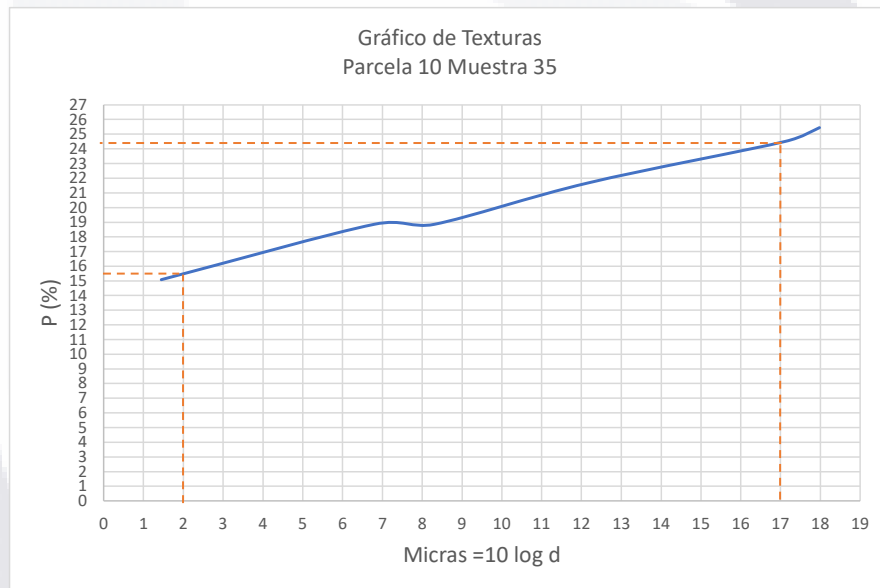
Parcela 10 Muestra 34	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	
Peso vaso (gr)	
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 10 Muestra 34									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	14	28	62.5527127	17.96246148	73.1	14.6	12.3
2	60	1	13.5	27	51.35286263	17.10564658			
3	600	10	11	22	16.4762822	12.16859222			
4	3600	60	9	18	6.802853017	8.326910876			
5	7200	120	8	16	4.837142278	6.845888618			
6	86400	1440	6	12	1.411707804	1.497448155			



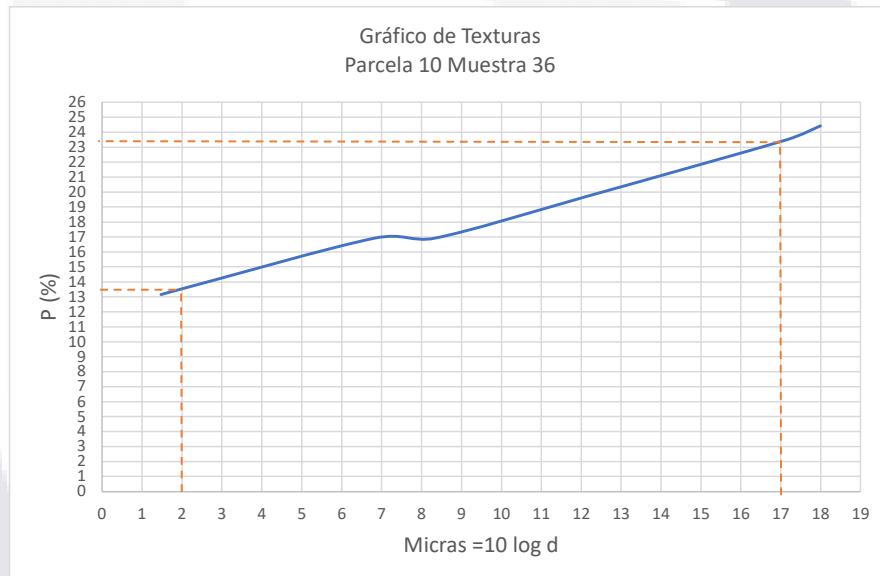
Parcela 10 Muestra 35	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	346.29
Peso vaso (gr)	293.25
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.04
Materia organica eliminada (gr)	1.96
% de materia organica eliminada	3.56

Parcela 10 Muestra 35									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_0}\right) 100$	$d = 5,57 \sqrt{\frac{98,5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	13.5	25.45248869	62.73750693	17.9752726	75.6	8.9	15.5
2	60	1	13	24.50980392	51.50367899	17.1183825			
3	600	10	11.5	21.68174962	16.42913966	12.1561482			
4	3600	60	10	18.85369532	6.764741495	8.30251205			
5	7200	120	10	18.85369532	4.783394584	6.79736207			
6	86400	1440	8	15.08295626	1.396362698	1.44998239			



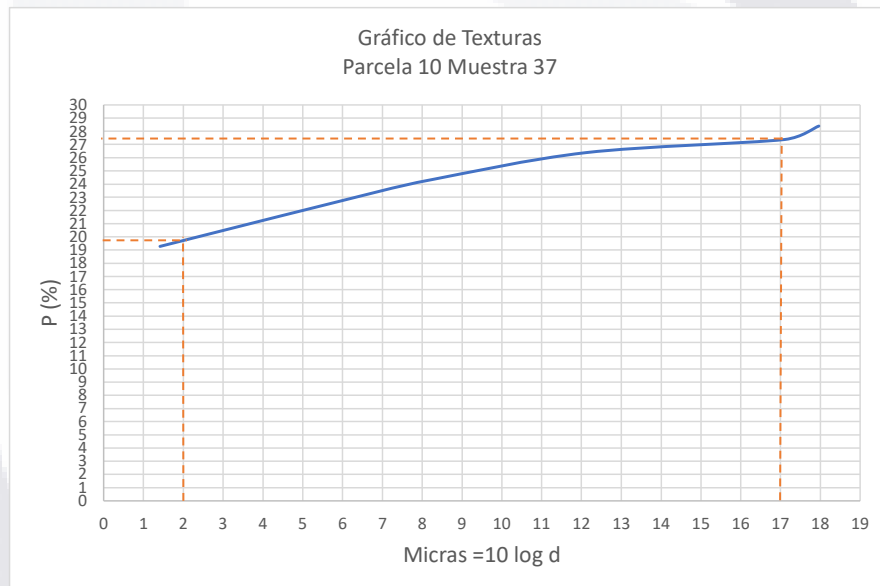
Parcela 10 Muestra 36	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	347.46
Peso vaso (gr)	294.25
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.21
Materia organica eliminada (gr)	1.79
% de materia organica eliminada	3.25

Parcela 10 Muestra 36									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	13	24.43149784	62.92175845	17.9880085	76.7	9.7	13.6
2	60	1	12.5	23.49182484	51.65405502	17.1310442			
3	600	10	10.5	19.73313287	16.52329023	12.1809653			
4	3600	60	9	16.91411389	6.802853017	8.32691088			
5	7200	120	9	16.91411389	4.8103435	6.8217609			
6	86400	1440	7	13.15542191	1.404056215	1.47384496			



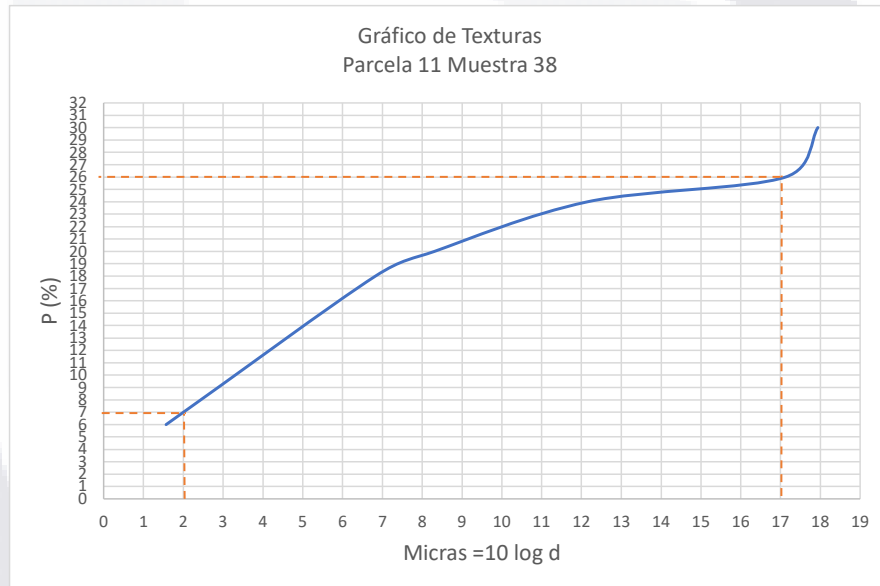
Parcela 10 Muestra 37	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	392.15
Peso vaso (gr)	342.86
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	49.29
Materia organica eliminada (gr)	5.71
% de materia organica eliminada	10.38

Parcela 10 Muestra 37									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	14	28.40332725	62.5527127	17.9624615	72.7	7.5	19.8
2	60	1	13.5	27.3889227	51.35286263	17.1056466			
3	600	10	13	26.37451816	16.28689335	12.1183825			
4	3600	60	12	24.34570907	6.687866937	8.25287624			
5	7200	120	11.5	23.33130452	4.742684103	6.76024198			
6	86400	1440	9.5	19.27368635	1.384742279	1.41368952			



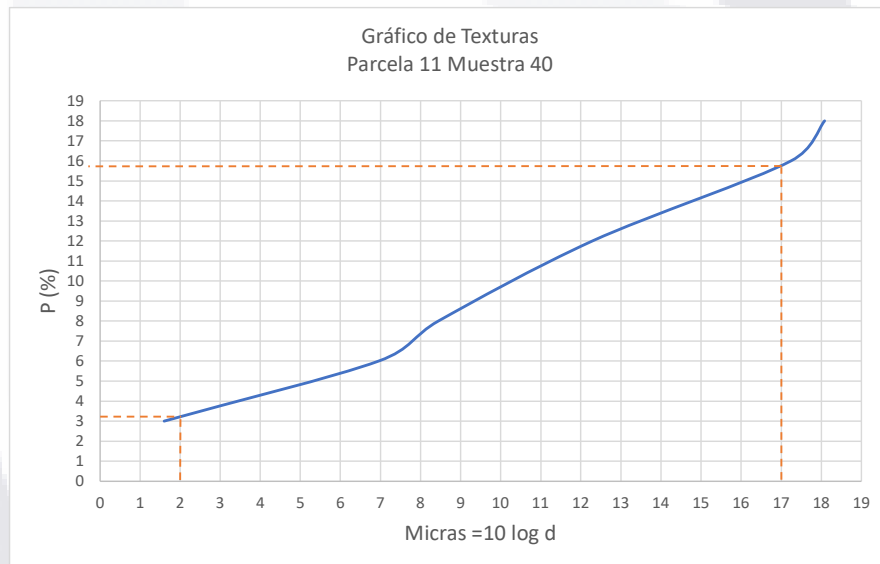
Parcela 11 Muestra 38	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 11 Muestra 38									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_0}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	15	30	62.1814767	17.9366103	74.1	18.9	7
2	60	1	13	26	51.50367899	17.1183825			
3	600	10	12	24	16.38186146	12.1436325			
4	3600	60	10	20	6.764741495	8.30251205			
5	7200	120	9	18	4.8103435	6.8217609			
6	86400	1440	3	6	1.434417698	1.56675635			



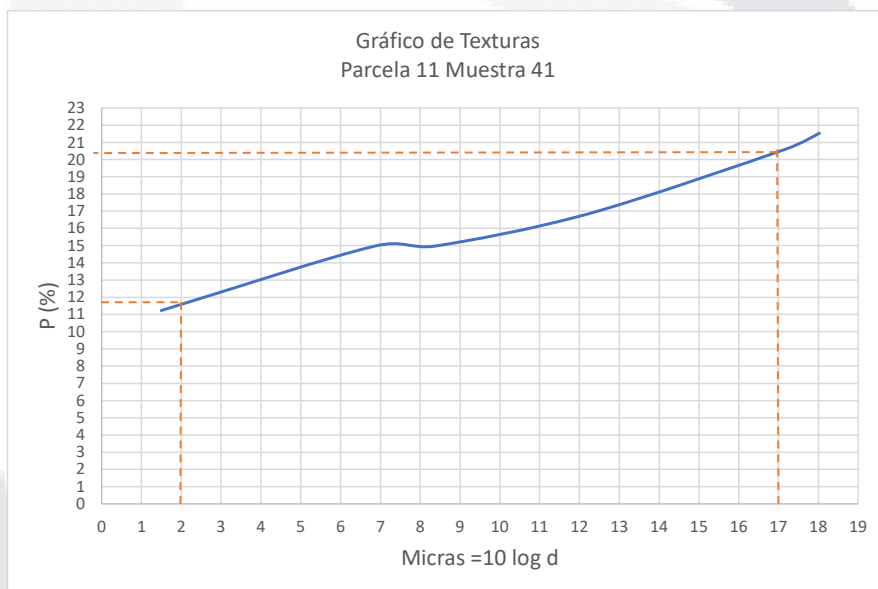
Parcela 11 Muestra 40	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 11 Muestra 40									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5,57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	9	18	64.37678906	18.0872931	84.2	12.6	3.2
2	60	1	8	16	52.98823879	17.2417948			
3	600	10	6	12	16.94049365	12.2892606			
4	3600	60	4	8	6.990294522	8.44495474			
5	7200	120	3	6	4.968968664	6.96266258			
6	86400	1440	1.5	3	1.445638868	1.60059816			



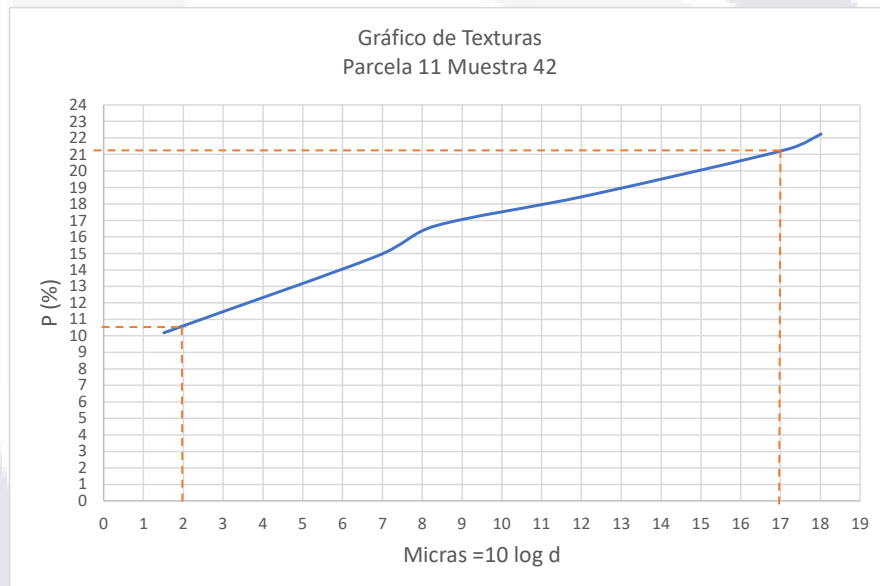
Parcela 11 Muestra 41	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	347.25
Peso vaso (gr)	293.83
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.42
Materia organica eliminada (gr)	1.58
% de materia organica eliminada	2.87

Parcela 11 Muestra 41									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5,57 \sqrt{\frac{98,5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	11.5	21.52751778	63.47130389	18.0257742	79.5	8.8	11.7
2	60	1	11	20.59153875	52.10257911	17.1685922			
3	600	10	9	16.84762261	16.66351869	12.2176671			
4	3600	60	8	14.97566455	6.840752213	8.3510386			
5	7200	120	8	14.97566455	4.837142278	6.84588862			
6	86400	1440	6	11.23174841	1.411707804	1.49744815			



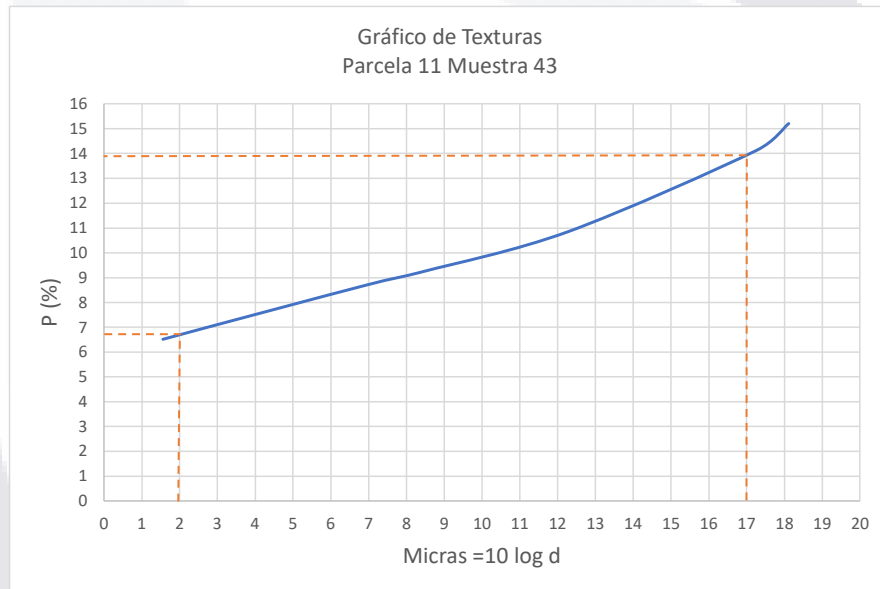
Parcela 11 Muestra 42	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	368.28
Peso vaso (gr)	314.29
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.99
Materia organica eliminada (gr)	1.01
% de materia organica eliminada	1.84

Parcela 11 Muestra 42									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5,57 \sqrt{\frac{98,5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	12	22.22633821	63.28865228	18.0132585	78.9	10.4	10.7
2	60	1	11.5	21.30024079	51.95350133	17.1561482			
3	600	10	10	18.52194851	16.57016491	12.1932683			
4	3600	60	9	16.66975366	6.802853017	8.32691088			
5	7200	120	8	14.81755881	4.837142278	6.84588862			
6	86400	1440	5.5	10.18707168	1.415518088	1.50915423			



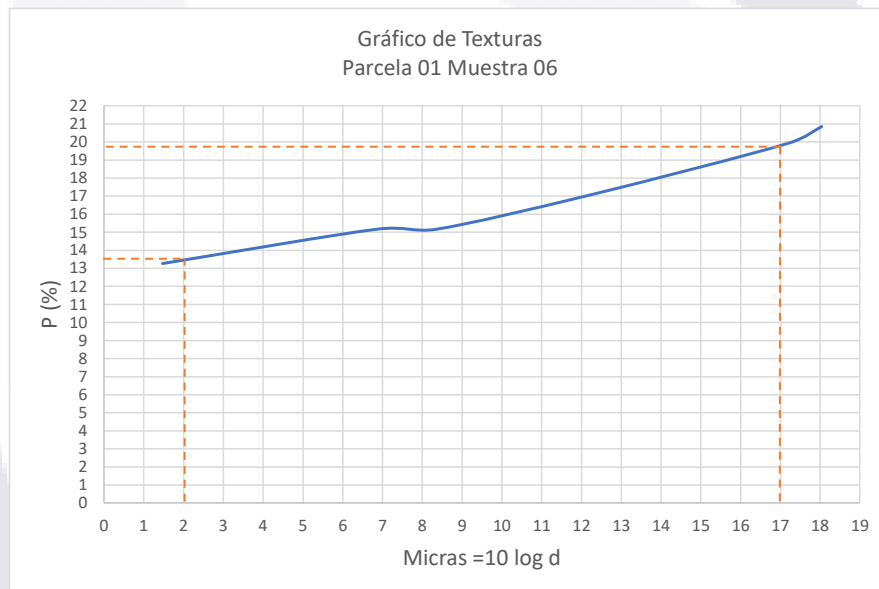
Parcela 11 Muestra 43	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	346.65
Peso vaso (gr)	293.29
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.36
Materia organica eliminada (gr)	1.64
% de materia organica eliminada	2.98

Parcela 11 Muestra 43										
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas	
1	40	0.67	8.12	15.2173913	64.69250414	18.1085396	86.05	7.25	6.7	
2	60	1	7.54	14.13043478	53.12273434	17.2528042				
3	600	10	5.8	10.86956522	16.95879781	12.2939506				
4	3600	60	4.93	9.239130435	6.955812789	8.42347885				
5	7200	120	4.64	8.695652174	4.926118413	6.92504847				
6	86400	1440	3.48	6.52173913	1.430808337	1.55581462				



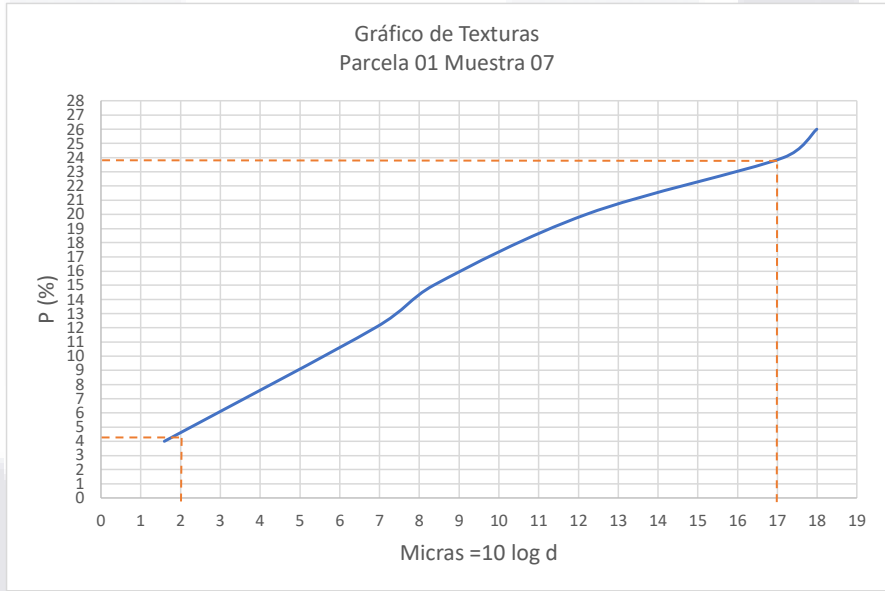
Parcela 01 Muestra 06	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	339.28
Peso vaso (gr)	286.55
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	52.73
Materia organica eliminada (gr)	2.27
% de materia organica eliminada	4.13

Parcela 01 Muestra 06									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	11	20.86098995	63.6534314	18.0382182	80.15	6.35	13.5
2	60	1	10.5	19.91276313	52.25123156	17.1809653			
3	600	10	9	17.06808269	16.66351869	12.2176671			
4	3600	60	8	15.17162905	6.840752213	8.3510386			
5	7200	120	8	15.17162905	4.837142278	6.84588862			
6	86400	1440	7	13.27517542	1.404056215	1.47384496			



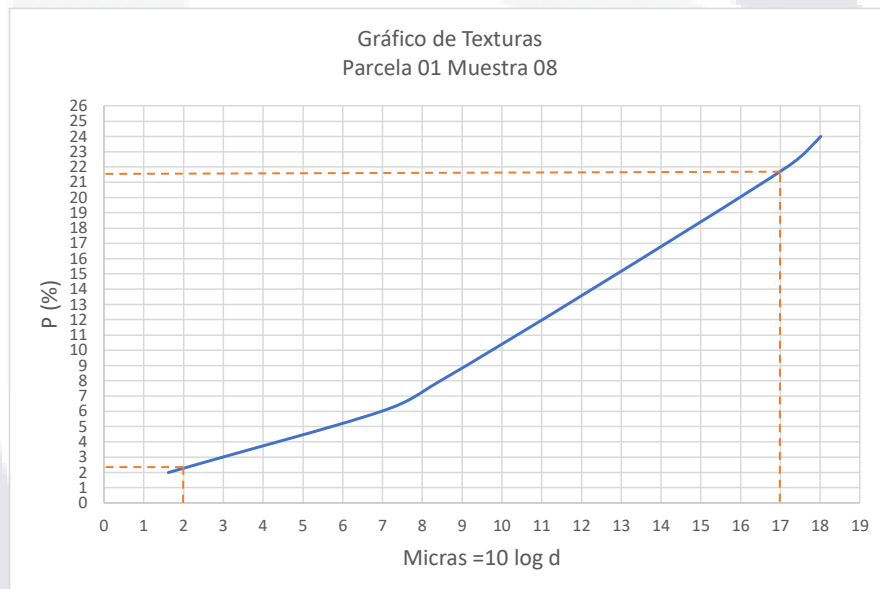
Parcela 01 Muestra 07	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 01 Muestra 07									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	13	26	62.92175845	17.9880085	76	19.3	4.7
2	60	1	12	24	51.80399454	17.1436325			
3	600	10	10	20	16.57016491	12.1932683			
4	3600	60	7.5	15	6.859623289	8.36300266			
5	7200	120	6	12	4.890299284	6.89335439			
6	86400	1440	2	4	1.441908181	1.58937606			



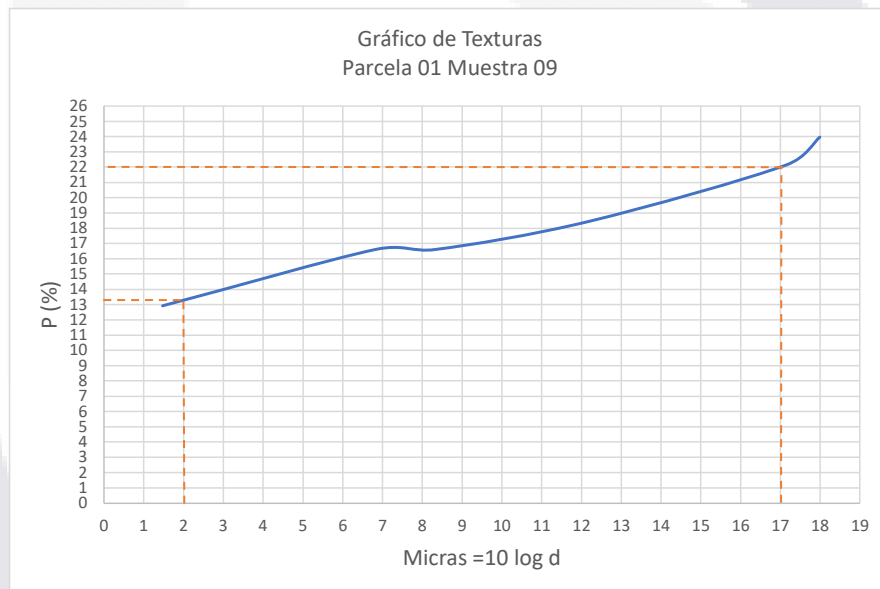
Parcela 01 Muestra 08	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 01 Muestra 08									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	12	24	63.28865228	18.0132585	78.3	19.4	2.3
2	60	1	11	22	52.10257911	17.1685922			
3	600	10	7	14	16.84867458	12.2656574			
4	3600	60	4	8	6.990294522	8.44495474			
5	7200	120	3	6	4.968968664	6.96266258			
6	86400	1440	1	2	1.449359952	1.61176257			



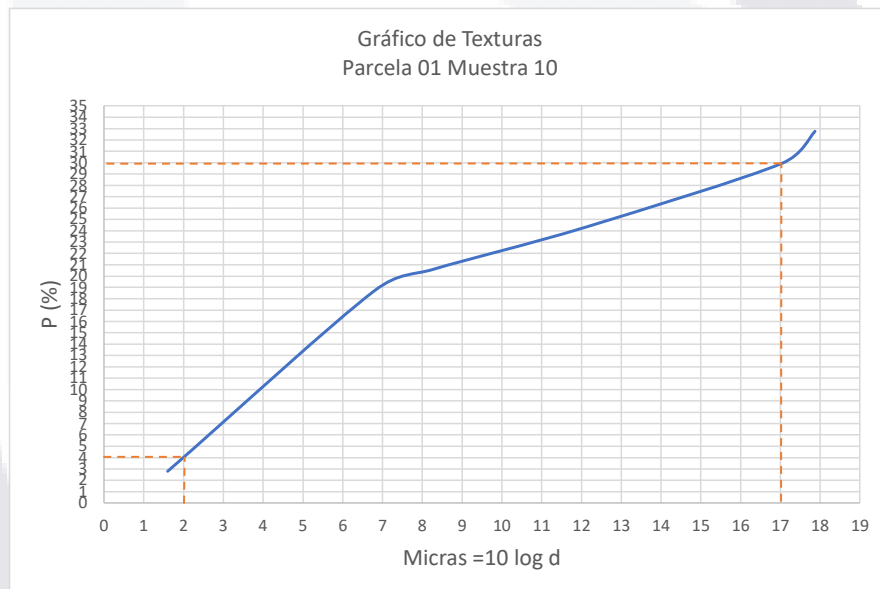
Parcela 01 Muestra 09	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	343.72
Peso vaso (gr)	289.51
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	54.21
Materia organica eliminada (gr)	0.79
% de materia organica eliminada	1.44

Parcela 01 Muestra 09									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	13	23.98081535	62.92175845	17.9880085	78	8.8	13.2
2	60	1	12	22.13613724	51.80399454	17.1436325			
3	600	10	10	18.44678104	16.57016491	12.1932683			
4	3600	60	9	16.60210293	6.802853017	8.32691088			
5	7200	120	9	16.60210293	4.8103435	6.8217609			
6	86400	1440	7	12.91274673	1.404056215	1.47384496			



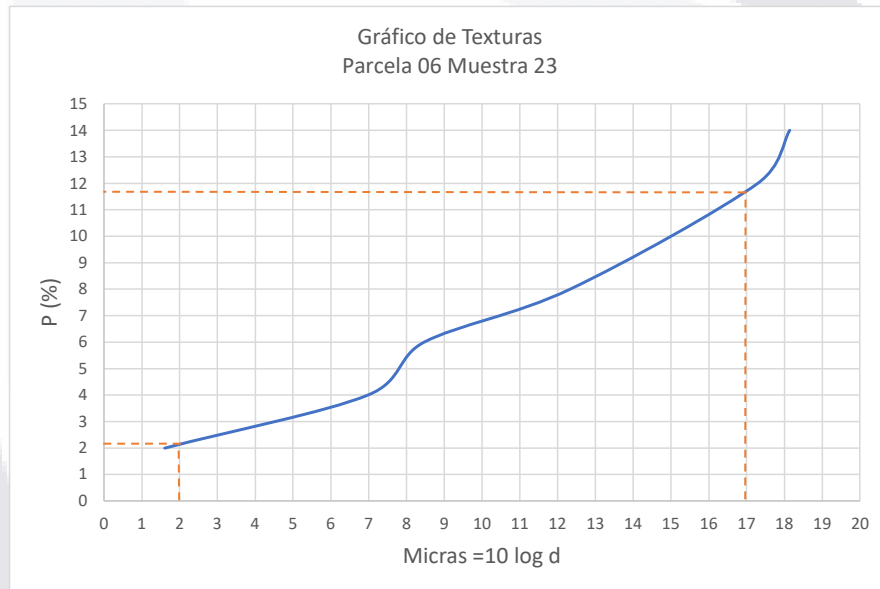
Parcela 01 Muestra 10	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	388.24
Peso vaso (gr)	334.82
Peso de la muestra sin materia orgánica (gr)	53.42
Materia orgánica eliminada (gr)	1.58
% de materia orgánica eliminada	2.87

Parcela 01 Muestra 10									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	17.5	32.75926619	61.24354246	17.870603	70	26	4
2	60	1	16	29.95132909	50.59203742	17.0408217			
3	600	10	13	24.33545489	16.28689335	12.1183825			
4	3600	60	11	20.59153875	6.72641404	8.27783596			
5	7200	120	10	18.71958068	4.783394584	6.79736207			
6	86400	1440	1.5	2.807937102	1.445638868	1.60059816			



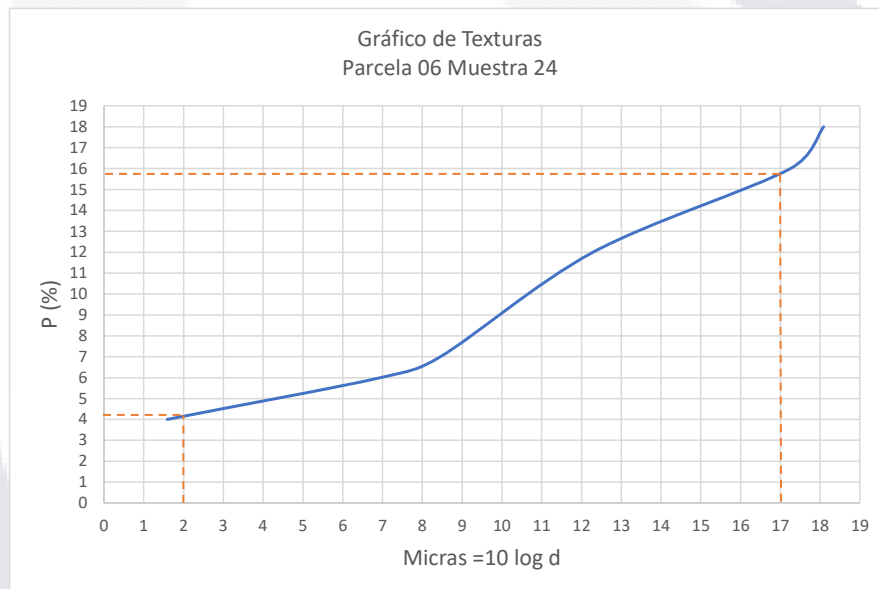
Parcela 06 Muestra 23	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia orgánica (gr)	50.00
Materia orgánica eliminada (gr)	5.00
% de materia orgánica eliminada	9.09

Parcela 06 Muestra 23									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	7	14	65.09210868	18.1352834	88.25	9.6	2.15
2	60	1	6	12	53.57054461	17.2892606			
3	600	10	4	8	17.12265473	12.335711			
4	3600	60	3	6	7.027182876	8.46781256			
5	7200	120	2	4	4.994916457	6.98528229			
6	86400	1440	1	2	1.449359952	1.61176257			



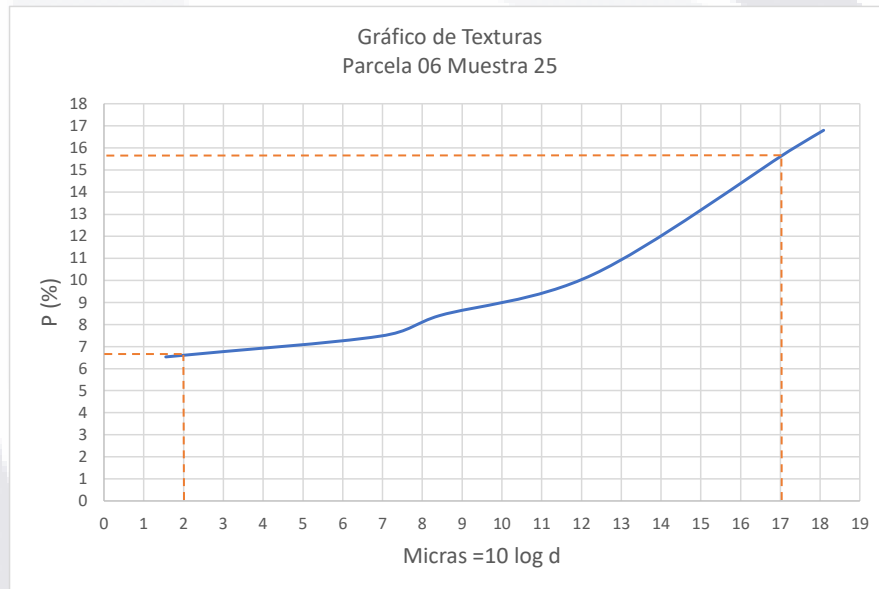
Parcela 06 Muestra 24	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 06 Muestra 24									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	9	18	64.37678906	18.0872931	84.2	11.7	4.1
2	60	1	8	16	52.98823879	17.2417948			
3	600	10	6	12	16.94049365	12.2892606			
4	3600	60	3.5	7	7.008762967	8.45641373			
5	7200	120	3	6	4.968968664	6.96266258			
6	86400	1440	2	4	1.441908181	1.58937606			



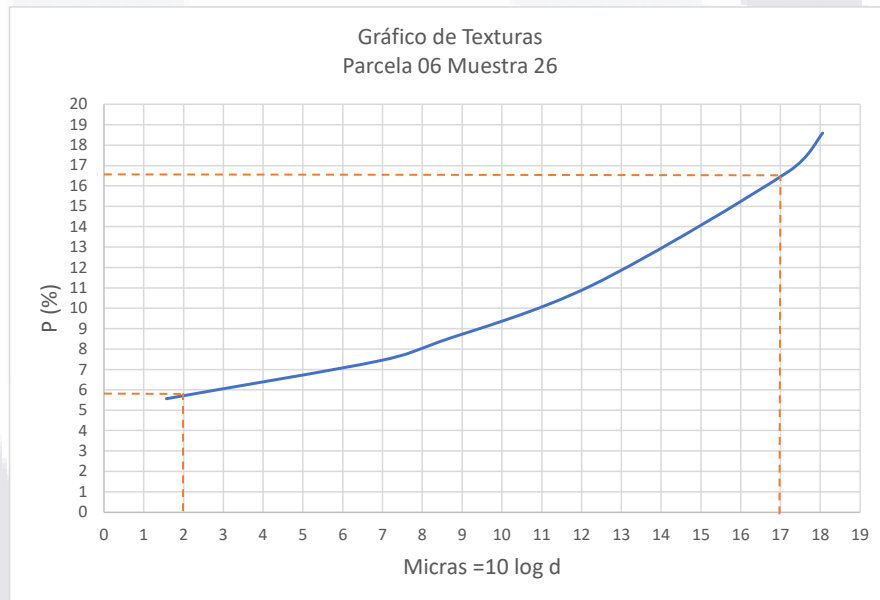
Parcela 06 Muestra 25	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	263.74
Peso vaso (gr)	210.17
Peso de la muestra sin materia orgánica (gr)	53.57
Materia orgánica eliminada (gr)	1.43
% de materia orgánica eliminada	2.60

Parcela 06 Muestra 25									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	9	16.80044801	64.37678906	18.0872931	84.35	8.95	6.7
2	60	1	8.5	15.86708979	52.8416597	17.2297645			
3	600	10	5.5	10.26694045	16.98621706	12.3009667			
4	3600	60	4.5	8.400224006	6.971777153	8.43343497			
5	7200	120	4	7.466865783	4.942884659	6.93980476			
6	86400	1440	3.5	6.53350756	1.43065775	1.55535752			



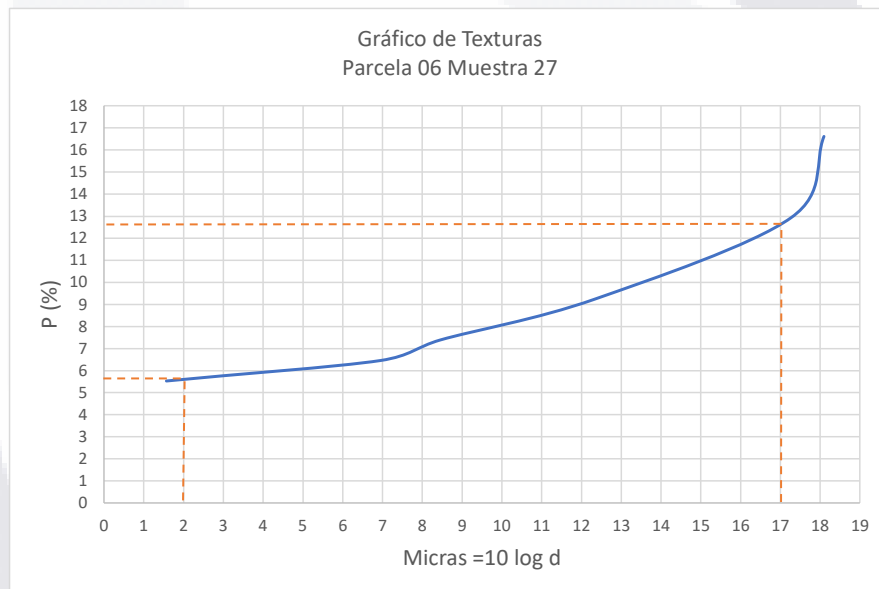
Parcela 06 Muestra 26	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	348.96
Peso vaso (gr)	295.14
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.82
Materia organica eliminada (gr)	1.18
% de materia organica eliminada	2.15

No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	10	18.58045336	64.01613195	18.0628943	83.5	10.7	5.8
2	60	1	9	16.72240803	52.69467288	17.2176671			
3	600	10	6	11.14827202	16.94049365	12.2892606			
4	3600	60	4.5	8.361204013	6.971777153	8.43343497			
5	7200	120	4	7.432181345	4.942884659	6.93980476			
6	86400	1440	3	5.574136009	1.434417698	1.56675635			



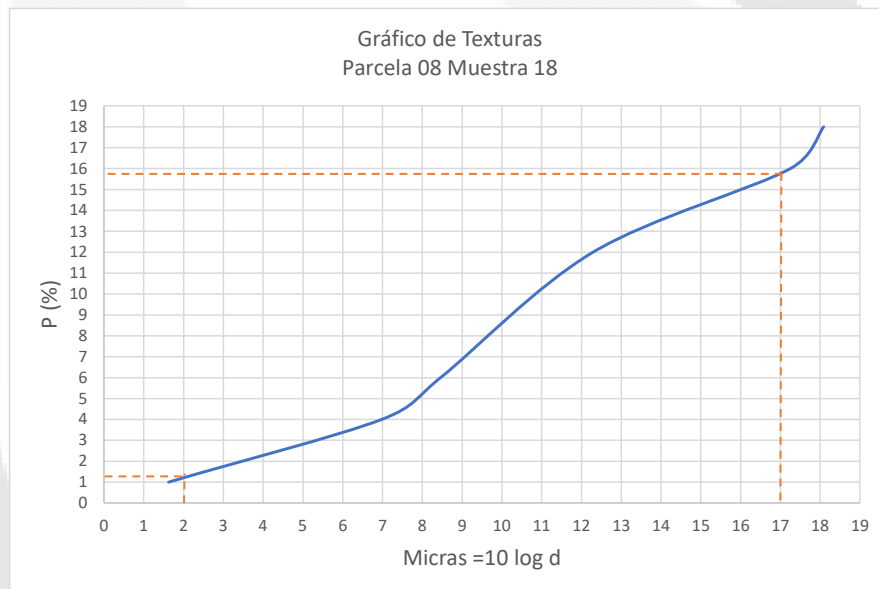
Parcela 06 Muestra 27	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	336.93
Peso vaso (gr)	282.77
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	54.16
Materia organica eliminada (gr)	0.84
% de materia organica eliminada	1.53

Parcela 06 Muestra 27									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	9	16.61742984	64.37678906	18.0872931	87.3	7	5.7
2	60	1	7	12.92466765	53.28018722	17.2656574			
3	600	10	5	9.231905465	17.03181772	12.31261			
4	3600	60	4	7.38524372	6.990294522	8.44495474			
5	7200	120	3.5	6.462333826	4.955943822	6.95126375			
6	86400	1440	3	5.539143279	1.434417698	1.56675635			



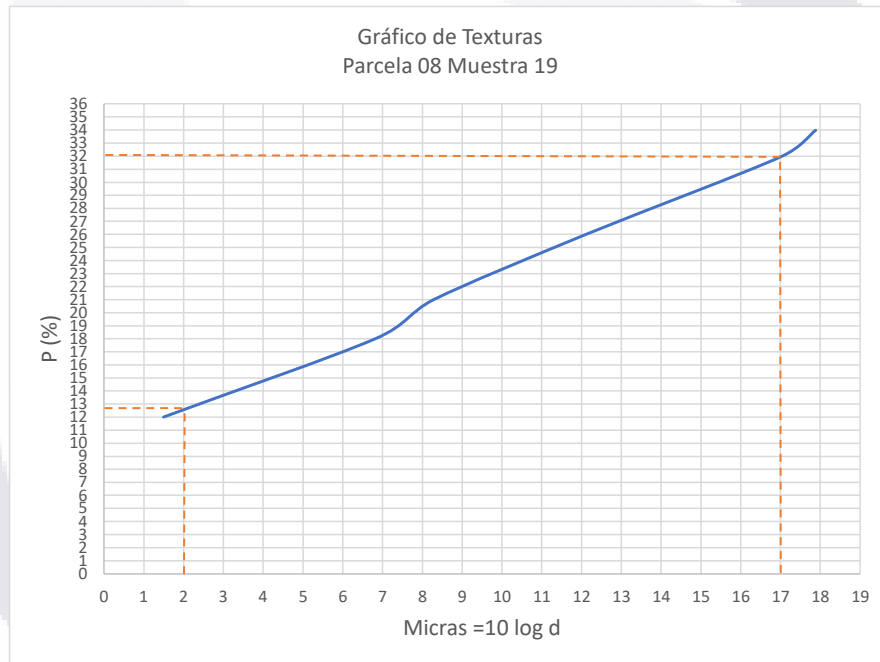
Parcela 08 Muestra 18	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 08 Muestra 18									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	9	18	64.37678906	18.0872931	84.2	14.6	1.2
2	60	1	8	16	52.98823879	17.2417948			
3	600	10	6	12	16.94049365	12.2892606			
4	3600	60	3	6	7.027182876	8.46781256			
5	7200	120	2	4	4.994916457	6.98528229			
6	86400	1440	0.5	1	1.453071507	1.62286987			



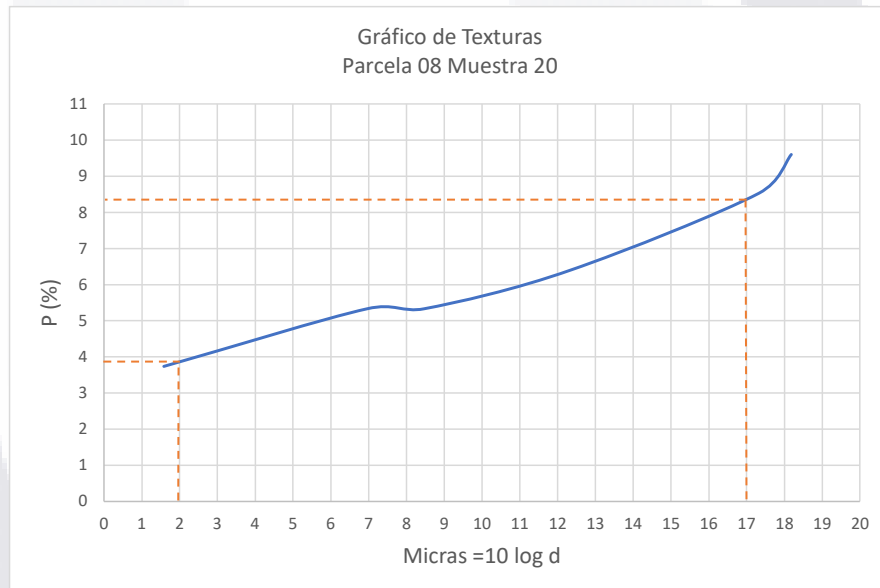
Parcela 08 Muestra 19	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 08 Muestra 19									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	17	34	61.43227493	17.883966	68	19.5	12.5
2	60	1	16	32	50.59203742	17.0408217			
3	600	10	13	26	16.28689335	12.1183825			
4	3600	60	10.5	21	6.745604989	8.29020906			
5	7200	120	9	18	4.8103435	6.8217609			
6	86400	1440	6	12	1.411707804	1.49744815			



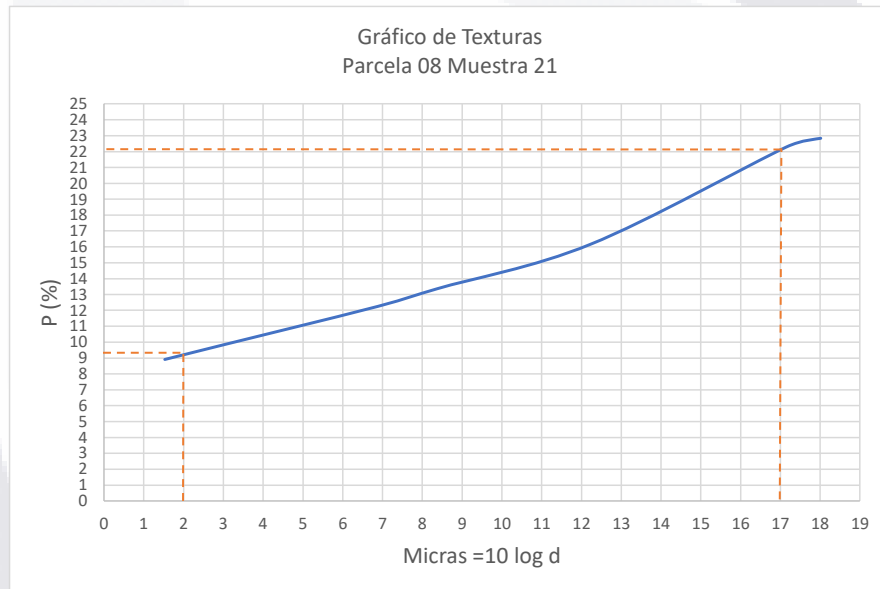
Parcela 08 Muestra 20	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	389.17
Peso vaso (gr)	334.81
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	54.36
Materia organica eliminada (gr)	0.64
% de materia organica eliminada	1.16

Parcela 08 Muestra 20									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_a}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	5.22	9.602649007	65.72219544	18.1771206	91.7	4.4	3.9
2	60	1	4.64	8.535688006	53.96292351	17.3209547			
3	600	10	3.48	6.401766004	17.16970005	12.3476271			
4	3600	60	2.9	5.334805004	7.030861066	8.47008516			
5	7200	120	2.9	5.334805004	4.971569538	6.96493518			
6	86400	1440	2.03	3.734363503	1.441684032	1.58870088			



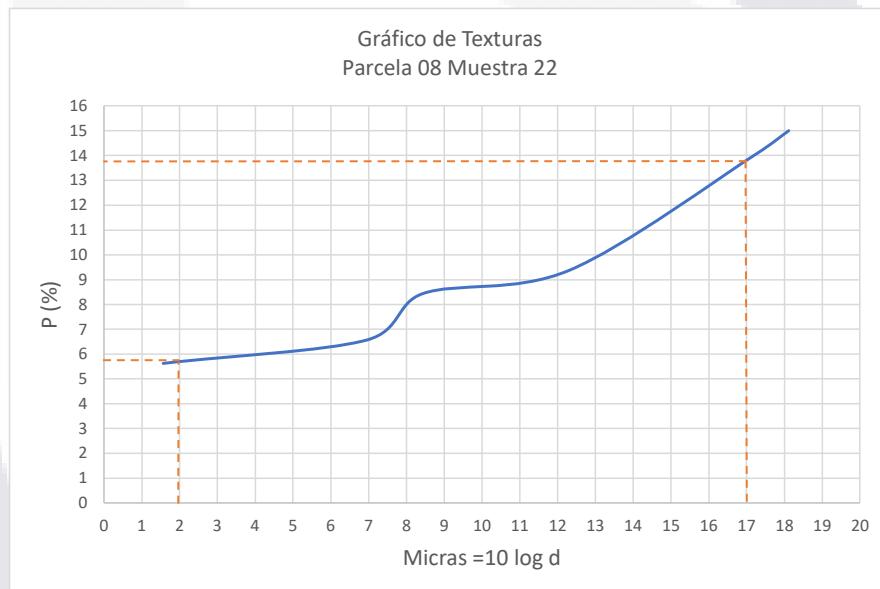
Parcela 08 Muestra 21	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	339.68
Peso vaso (gr)	287.63
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	52.05
Materia organica eliminada (gr)	2.95
% de materia organica eliminada	5.36

Parcela 08 Muestra 21									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	11.89	22.84341979	63.32888083	18.0160181	77.95	12.95	9.1
2	60	1	11.6	22.28626321	51.92363441	17.1536508			
3	600	10	8.41	16.15754083	16.71835291	12.2319349			
4	3600	60	6.96	13.37175793	6.879945913	8.37585024			
5	7200	120	6.38	12.25744476	4.880244007	6.88441537			
6	86400	1440	4.64	8.914505283	1.422047896	1.52914224			



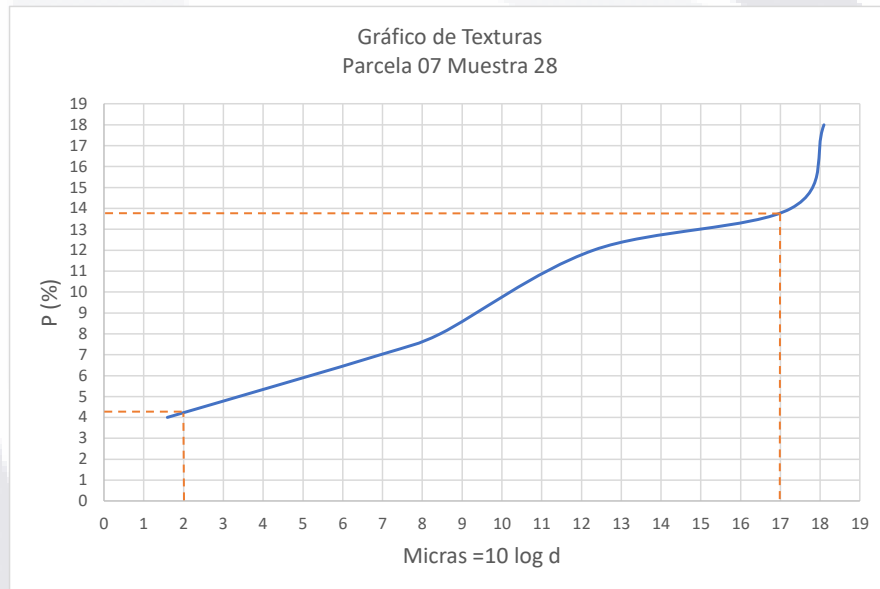
Parcela 08 Muestra 22	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	344.82
Peso vaso (gr)	291.51
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.31
Materia organica eliminada (gr)	1.69
% de materia organica eliminada	3.07

Parcela 08 Muestra 22									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	8	15.00656537	64.7354369	18.1114208	86.15	8.1	5.75
2	60	1	7.5	14.06865504	53.13441352	17.2537589			
3	600	10	5	9.379103358	17.03181772	12.31261			
4	3600	60	4.5	8.441193022	6.971777153	8.43343497			
5	7200	120	3.5	6.56537235	4.955943822	6.95126375			
6	86400	1440	3	5.627462015	1.434417698	1.56675635			



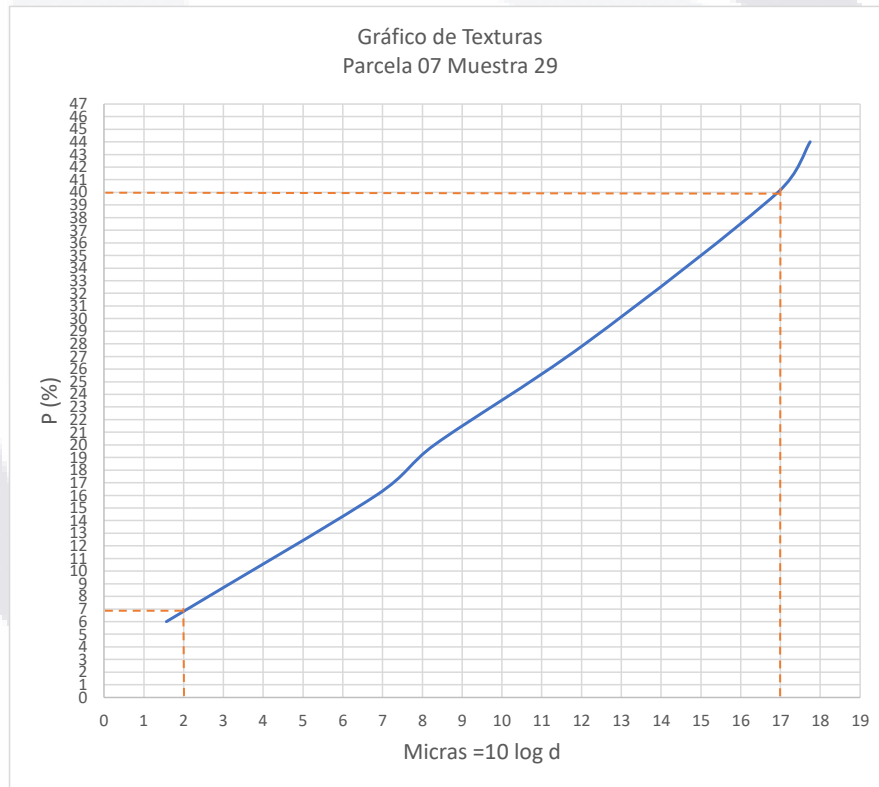
Parcela 07 Muestra 28	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 07 Muestra 28										
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas	
1	40	0.67	9	18	64.37678906	18.0872931	86.2	9.65	4.15	
2	60	1	7	14	53.28018722	17.2656574				
3	600	10	6	12	16.94049365	12.2892606				
4	3600	60	4	8	6.990294522	8.44495474				
5	7200	120	3.5	7	4.955943822	6.95126375				
6	86400	1440	2	4	1.441908181	1.58937606				



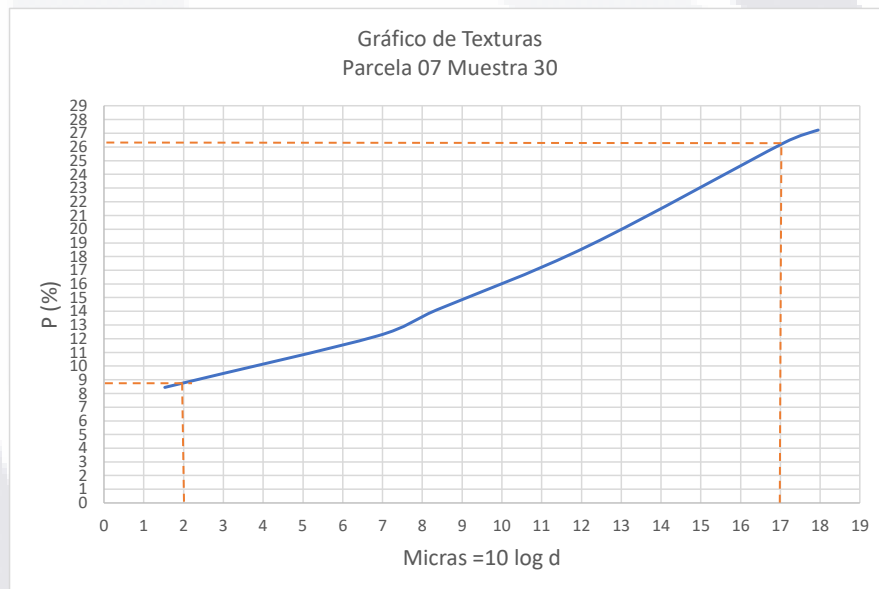
Parcela 07 Muestra 29	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 07 Muestra 29									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	22	44	59.51802499	17.7464851	60	33.2	6.8
2	60	1	20	40	49.35032573	16.9329002			
3	600	10	14	28	16.19136823	12.0928355			
4	3600	60	10	20	6.764741495	8.30251205			
5	7200	120	8	16	4.837142278	6.84588862			
6	86400	1440	3	6	1.434417698	1.56675635			



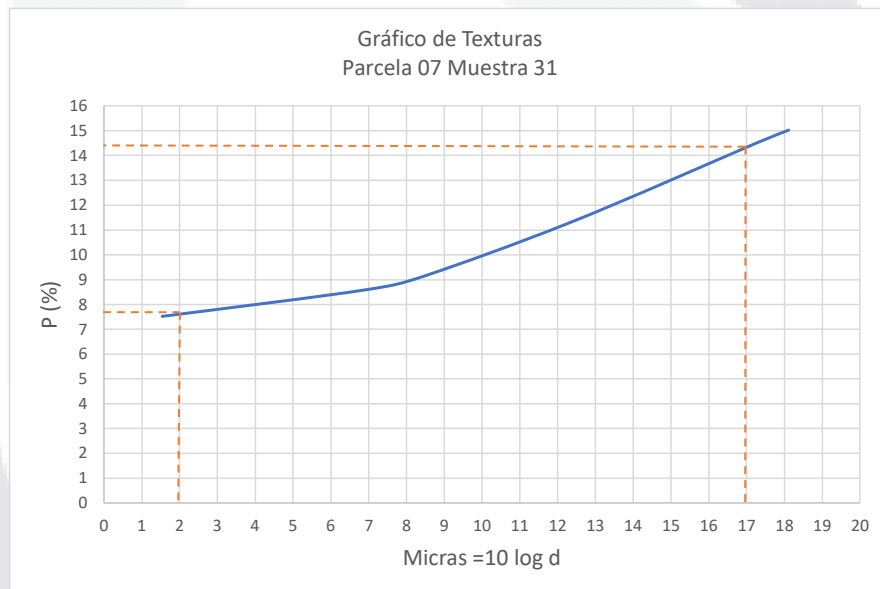
Parcela 07 Muestra 30	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	347.14
Peso vaso (gr)	293.92
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.22
Materia organica eliminada (gr)	1.78
% de materia organica eliminada	3.24

Parcela 07 Muestra 30									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	14.5	27.24539647	62.36737092	17.9495744	73.9	17.25	8.85
2	60	1	14	26.30590004	51.20160203	17.0928355			
3	600	10	10	18.7899286	16.57016491	12.1932683			
4	3600	60	7.5	14.09244645	6.859623289	8.36300266			
5	7200	120	6.5	12.21345359	4.877064349	6.88158486			
6	86400	1440	4.5	8.455467869	1.423108052	1.53237876			



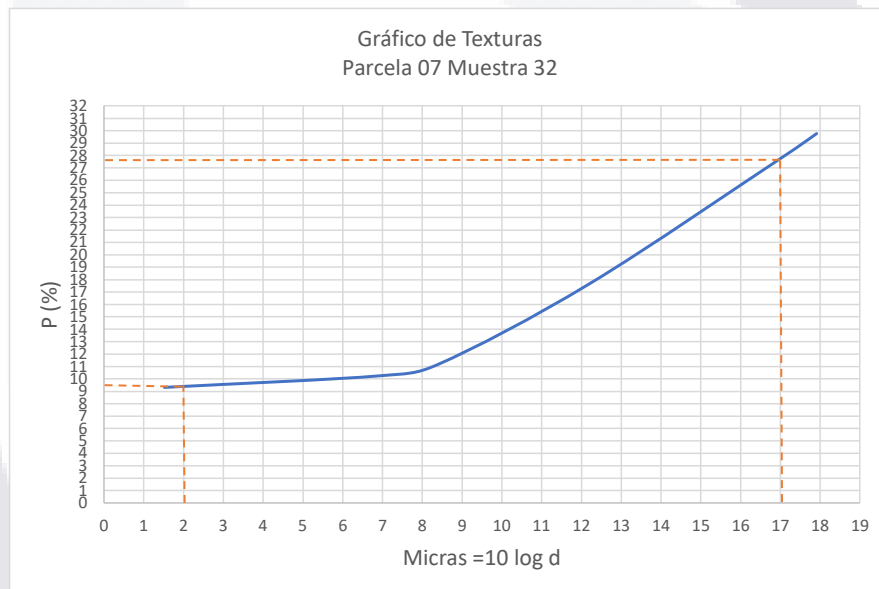
Parcela 07 Muestra 31	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	335.07
Peso vaso (gr)	281.04
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	54.03
Materia organica eliminada (gr)	0.97
% de materia organica eliminada	1.76

Parcela 07 Muestra 31									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	8.12	15.02868777	64.69250414	18.1085396	85.7	6.7	7.6
2	60	1	7.83	14.49194892	53.0379834	17.24587			
3	600	10	6.09	11.27151582	16.93225032	12.2871468			
4	3600	60	4.93	9.124560429	6.955812789	8.42347885			
5	7200	120	4.64	8.587821581	4.926118413	6.92504847			
6	86400	1440	4.06	7.514343883	1.426434842	1.54251938			



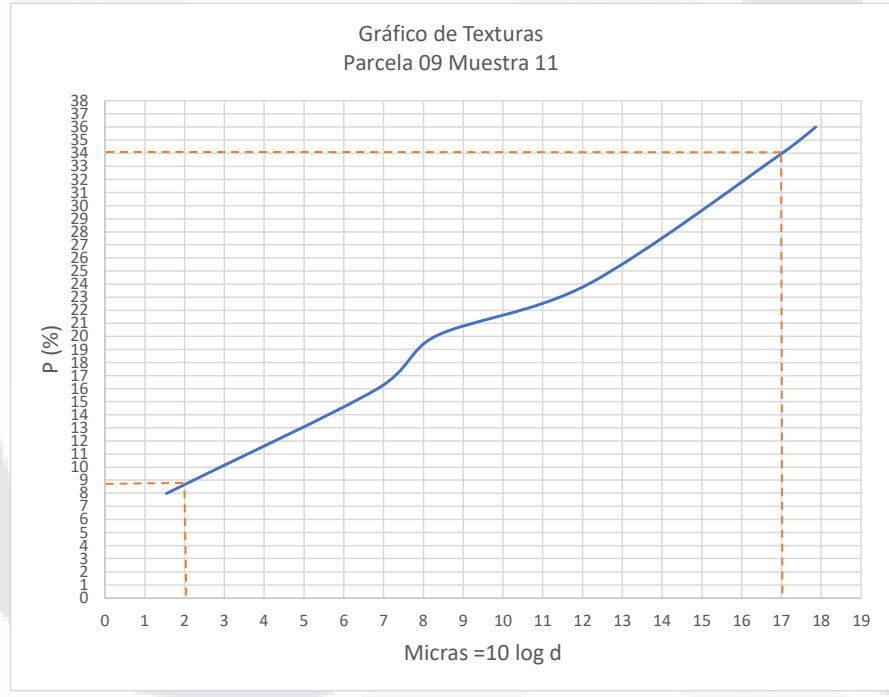
Parcela 07 Muestra 32	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	330.31
Peso vaso (gr)	276.58
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.73
Materia organica eliminada (gr)	1.27
% de materia organica eliminada	2.31

Parcela 07 Muestra 32									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	16	29.77852224	61.808011	17.9104477	72.1	18.6	9.3
2	60	1	15	27.9173646	50.89773227	17.0669843			
3	600	10	9.5	17.68099758	16.61690735	12.205502			
4	3600	60	6	11.16694584	6.915927571	8.39850436			
5	7200	120	5.5	10.23636702	4.903498496	6.90506046			
6	86400	1440	5	9.3057882	1.419318144	1.52079755			



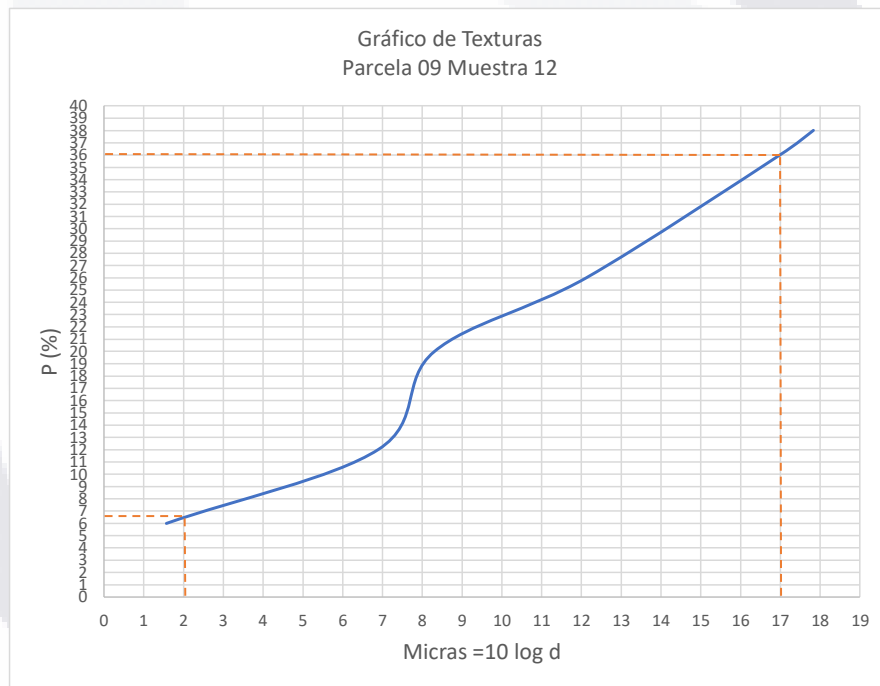
Parcela 09 Muestra 11	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 09 Muestra 11									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	18	36	61.05422657	17.8571573	66	25.2	8.8
2	60	1	17	34	50.28448419	17.01434			
3	600	10	12	24	16.38186146	12.1436325			
4	3600	60	10	20	6.764741495	8.30251205			
5	7200	120	8	16	4.837142278	6.84588862			
6	86400	1440	4	8	1.426887894	1.54389853			



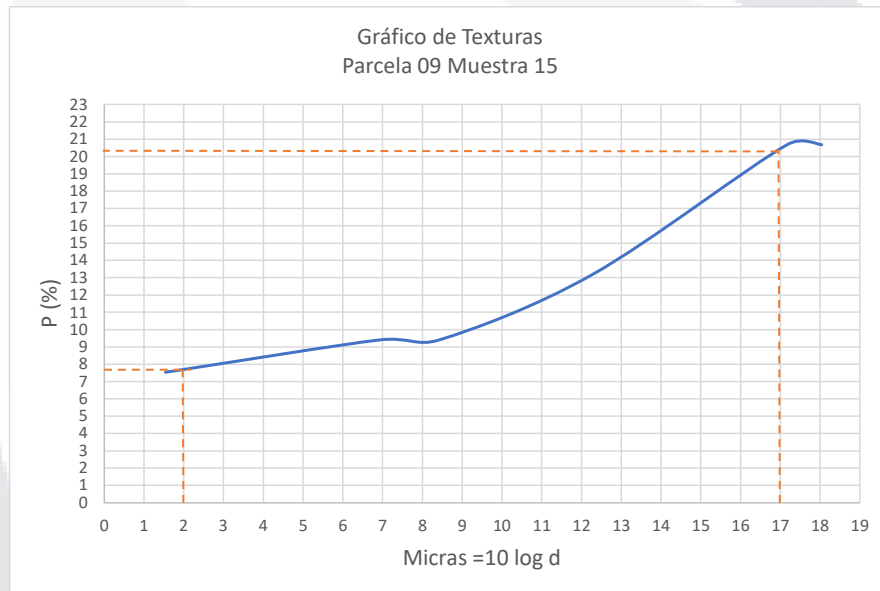
Parcela 09 Muestra 12	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	0.00
Peso vaso (gr)	0.00
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	50.00
Materia organica eliminada (gr)	5.00
% de materia organica eliminada	9.09

Parcela 09 Muestra 12									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	19	38	60.6738227	17.8300136	64	29.6	6.4
2	60	1	18	36	49.97503827	16.9875314			
3	600	10	13	26	16.28689335	12.1183825			
4	3600	60	10	20	6.764741495	8.30251205			
5	7200	120	6	12	4.890299284	6.89335439			
6	86400	1440	3	6	1.434417698	1.56675635			



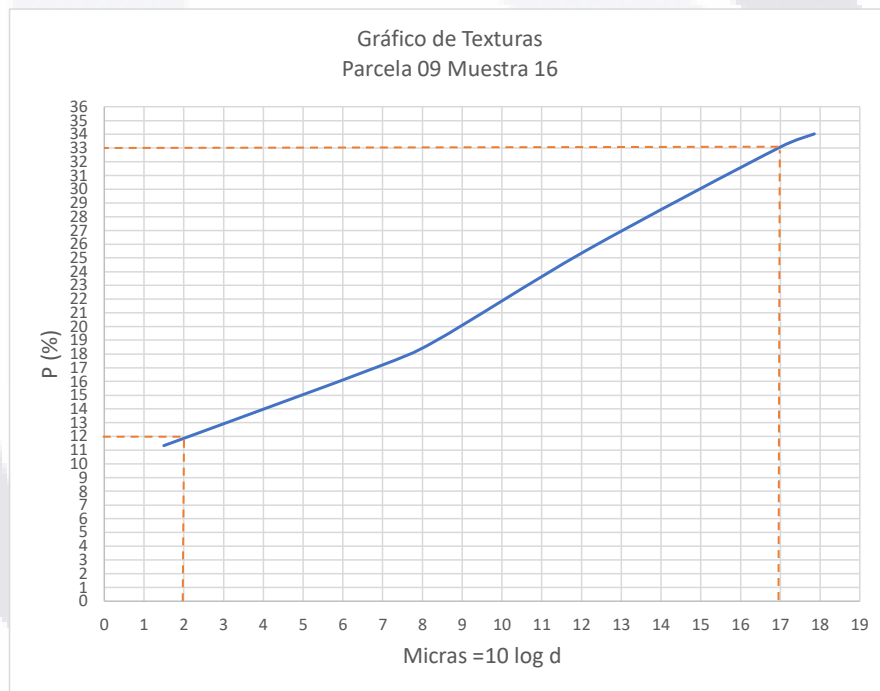
Parcela 09 Muestra 15	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	335.97
Peso vaso (gr)	282.80
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	53.17
Materia organica eliminada (gr)	1.83
% de materia organica eliminada	3.33

Parcela 09 Muestra 15									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	11	20.6883581	63.6534314	18.0382182	79.5	12.7	7.8
2	60	1	11	20.6883581	52.10257911	17.1685922			
3	600	10	7	13.16531879	16.84867458	12.2656574			
4	3600	60	5	9.403799135	6.95321047	8.42185375			
5	7200	120	5	9.403799135	4.916662274	6.91670378			
6	86400	1440	4	7.523039308	1.426887894	1.54389853			



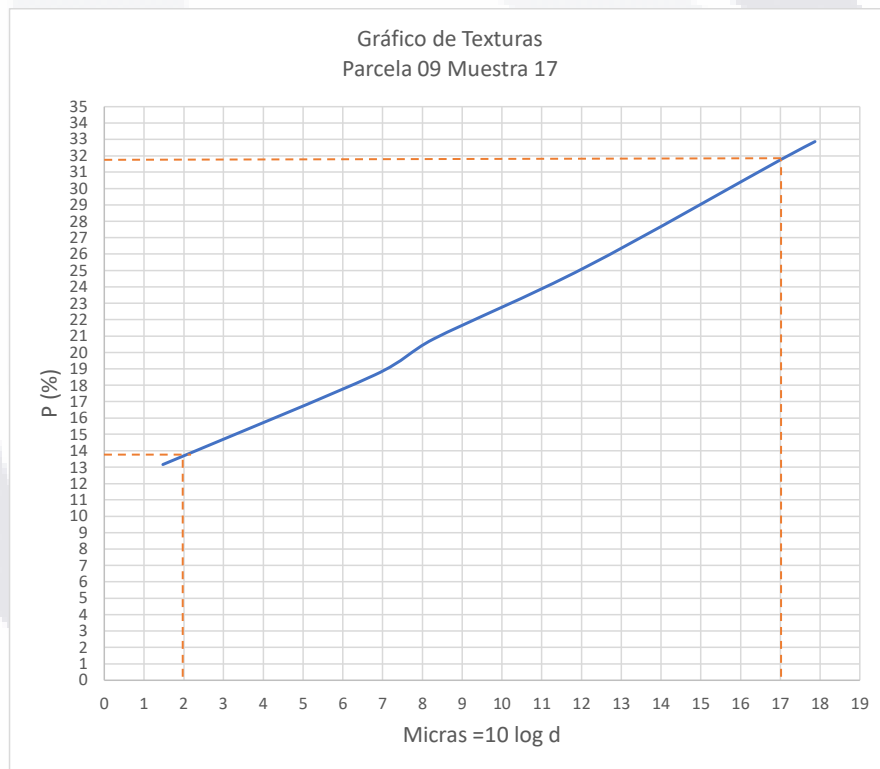
Parcela 09 Muestra 16	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	367.16
Peso vaso (gr)	314.26
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	52.90
Materia organica eliminada (gr)	2.10
% de materia organica eliminada	3.82

Parcela 09 Muestra 16										
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas	
1	40	0.67	18	34.02646503	61.05422657	17.8571573	67	21	12	
2	60	1	17.5	33.08128544	50.13	17.000977				
3	600	10	13.5	25.51984877	16.23920103	12.1056466				
4	3600	60	10	18.90359168	6.764741495	8.30251205				
5	7200	120	9	17.01323251	4.8103435	6.8217609				
6	86400	1440	6	11.34215501	1.411707804	1.49744815				



Parcela 09 Muestra 17	
Eliminación de materia orgánica	
Peso de la muestra (gr)	55.00
Peso muestra en vaso (gr)	397.99
Peso vaso (gr)	345.05
Peso de la muestra sin materia organica (gr)	52.94
Materia organica eliminada (gr)	2.06
% de materia organica eliminada	3.75

Parcela 09 Muestra 17									
No. Lectura	Tiempo transcurrido en (seg)	Tiempo transcurrido en (min)	Lectura de hidrometro (R)	$P = \left(\frac{R_u}{W_o}\right) 100$	$d = 5.57 \sqrt{\frac{98.5 - R}{T}}$	10 log d	% Arena	% Limos	% Arcillas
1	40	0.67	17.4	32.86739705	61.28133545	17.8732822	68.2	17.9	13.9
2	60	1	16.82	31.77181715	50.33998244	17.0191306			
3	600	10	13.34	25.19833774	16.2544778	12.1097302			
4	3600	60	11.02	20.81601813	6.725645263	8.27733957			
5	7200	120	9.86	18.62485833	4.787176565	6.80079446			
6	86400	1440	6.96	13.14695882	1.404363079	1.47479403			



Anexo D. Tablas de análisis de conductividad hidráulica saturada de campo.

Parcela 04 Muestra 01		Parcela 04 Muestra 02		Parcela 04 Muestra 03	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	41	0	44.5	0	37
0.5	38.2	0.5	44	0.5	35.5
1	35.2	1	43.2	1	34
1.5	32.6	1.5	42	1.5	32.8
2	30.6	2	40.5	2	31.8
2.5	28.5	2.5	39.6	2.5	30.9
3	26.5	3	38.6	3	29.8
3.5	24.5	3.5	37.5	3.5	29
4	22.5	4	36.5	4	28
4.5	20.6	4.5	35.5	4.5	27.2
5	18.8	5	34.6	5	26.5
5.5	17.2	5.5	33.6	5.5	25.5
6	15	6	32.7	6	24.5
6.5	13.5	6.5	31.7	6.5	24
7	11.8	7	30.7	7	22.8
7.5	9	7.5	29.8	7.5	22.1
8	5.3	8	28.8	8	21.4
8.5	2	8.5	27.8	8.5	20.4
		9	27	9	19.8
		9.5	26		
		10	25.2		

Parcela 04 Muestra 04		Parcela 04 Muestra 05	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	50.2	0	62.2
0.5	50	0.5	62.2
1	49.7	1	61.4
1.5	49.3	1.5	60.9
2	48.9	2	59.7
2.5	48.6	2.5	58.5
3	48.3	3	57.9
3.5	48	3.5	56.9
4	47.4	4	56.2
4.5	47.2	4.5	55.6
5	46.8	5	55.1
5.5	46.3	5.5	54.4
6	45.7	6	53.4
6.5	45.2	6.5	52.9
7	44.7	7	52.4
7.5	44.3	7.5	51.6
8	43.2	8	50.9
8.5	39.7	8.5	50.4
9	37.9	9	50
9.5	37	9.5	49.4
10	36.5	10	48.7

Parcela 10 Muestra 33		Parcela 10 Muestra 34		Parcela 10 Muestra 35	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	40.5	0	44	0	54
0.5	40	0.5	42	0.5	53.5
1	39.6	1	40.7	1	52.7
1.5	39.1	1.5	39.5	1.5	51.5
2	38.9	2	38.4	2	51.3
2.5	38.3	2.5	37.4	2.5	50.3
3	37.9	3	36.4	3	49.5
3.5	37.6	3.5	35.4	3.5	48.7
4	37.1	4	33.6	4	47.9
4.5	36.8	4.5	32.2	4.5	47.5
5	36.4	5	31.2	5	46.8
5.5	36.2	5.5	30.5	5.5	46.1
6	35.9	6	29.6	6	45.5
6.5	35.6	6.5	28.8	6.5	44.9
7	35.1	7	28	7	44.3
7.5	35	7.5	27.2	7.5	43.8
8	34.5	8	26.7	8	43.3
				8.5	42.8
				9	42.3
				9.5	41.8
				10	41.3

Parcela 10 Muestra 36		Parcela 10 Muestra 37	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	63.3	0	72
0.5	61.7	0.5	60
1	60.2	1	44
1.5	58.7	1.5	34
2	57.2	2	25
2.5	56.1	2.5	14
3	54.7	3	2
3.5	53.3		
4	51.9		
4.5	50.7		
5	49.4		
5.5	47.9		
6	46.7		
6.5	45.4		
7	44		
7.5	42.7		
8	41.7		
8.5	40.2		
9	39.2		
9.5	37.4		
10	36.4		

Parcela 11 Muestra 38		Parcela 11 Muestra 40		Parcela 11 Muestra 41	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	33.2	0	29.5	0	45.5
0.5	32.9	0.5	29.2	0.5	43
1	32.2	1	28.9	1	40.5
1.5	31.2	1.5	28.2	1.5	38
2	30.4	2	27.2	2	36
2.5	29.8	2.5	26.3	2.5	34
3	29	3	25.5	3	32
3.5	28.3	3.5	24.7	3.5	30.5
4	27.6	4	24	4	28.5
4.5	27.2	4.5	23.4	4.5	26.5
5	26.5	5	22.5	5	24.5
5.5	25.7	5.5	21.8	5.5	23
6	25.2	6	21.2	6	21
6.5	24.5	6.5	20.5	6.5	19.5
7	24.2	7	19.8	7	17.5
7.5	23.3	7.5	19.2	7.5	16
8	22.7	8	18.5	8	14
8.5	22.4	8.5	18	8.5	12.5
9	21.2	9	17.4	9	11
				9.5	9
				10	7.5

Parcela 11 Muestra 42		Parcela 11 Muestra 43	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	45	0	43.4
0.5	44.7	0.5	40
1	43.6	1	37.5
1.5	42	1.5	35.5
2	41	2	33.5
2.5	40.3	2.5	31.7
3	39.5	3	30
3.5	39	3.5	28.4
4	38.4	4	27
4.5	37.8	4.5	25.3
5	37.2	5	23.5
5.5	36.7	5.5	22
6	36.1	6	20.6
6.5	35.6	6.5	19.2
7	35	7	17.7
7.5	34.6	7.5	16.4
8	34.2	8	15
8.5	33.6	8.5	13.7
9	33.3	9	12.1
9.5	33	9.5	11
10	32.6	10	9.5

Parcela 01 Muestra 06		Parcela 01 Muestra 07		Parcela 01 Muestra 08	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	14	0	37	0	42.1
0.5	13	0.5	34.5	0.5	41.3
1	12	1	32	1	40
1.5	10.7	1.5	29.7	1.5	38.9
2	9.6	2	27.4	2	37.7
2.5	9	2.5	25.3	2.5	36.7
3	8	3	23	3	35.9
3.5	7.2	3.5	20.8	3.5	35.2
4	6.5	4	19.1	4	34.4
4.5	6	4.5	16.9	4.5	33.5
5	5.5	5	14.5	5	32.5
5.5	5	5.5	12.5	5.5	31.6
6	4	6	10.4	6	30.8
6.5	3.6	6.5	8.4	6.5	30
7	3.1	7	6.4	7	29.3
7.5	2.5	7.5	4.3	7.5	28.4
8	2	8	1.9	8	27.8
8.5	1.6			8.5	26.9
9	0.5			9	25.9

Parcela 01 Muestra 09		Parcela 01 Muestra 10	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	50.2	0	49.5
0.5	50.2	0.5	49.5
1	49.4	1	49
1.5	48.5	1.5	48.2
2	47.8	2	47.2
2.5	47	2.5	46.3
3	46.5	3	45.5
3.5	46	3.5	44.6
4	45.5	4	44
4.5	45	4.5	43
5	44.6	5	42.3
5.5	44.2	5.5	41.4
6	43.7	6	40.5
6.5	43.2	6.5	39.7
7	42.6	7	39
7.5	42.2	7.5	38.4
8	41.4	8	38
8.5	40.8	8.5	37
9	40.3	9	36
9.5	40	9.5	35.5
10	39.6	10	34.7

Parcela 06 Muestra 23		Parcela 06 Muestra 24		Parcela 06 Muestra 25	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	33.6	0	41.5	0	78
0.5	27.8	0.5	40	0.5	73.6
1	22.7	1	37	1	70.1
1.5	18.1	1.5	33.9	1.5	67.1
2	13.5	2	31.7	2	64.1
2.5	9.4	2.5	29.2	2.5	61.1
3	4.9	3	26.6	3	58.6
		3.5	24	3.5	56.1
		4	21.5	4	53.6
		4.5	19.2	4.5	51.1
		5	16.7	5	48.6
		5.5	14.3	5.5	46.1
		6	11.8	6	43.6
		6.5	9.5	6.5	41.1
		7	7	7	39.1
		7.5	4.6	7.5	36.6
		8	2.5	8	34.1
				8.5	32.1
				9	29.6
				9.5	26.5
				10	25.1

Parcela 06 Muestra 26		Parcela 06 Muestra 27	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	72	0	68.9
0.5	68.6	0.5	66.8
1	66.1	1	63.9
1.5	63.9	1.5	61.4
2	62	2	59.4
2.5	59.6	2.5	56.8
3	57.8	3	55
3.5	55.7	3.5	53
4	53.8	4	51
4.5	51.8	4.5	49
5	49.9	5	47
5.5	48.2	5.5	45
6	46.5	6	43.4
6.5	44.3	6.5	41.4
7	42.7	7	39.5
7.5	40.9	7.5	37.5
8	39.2	8	35.6
8.5	37.4	8.5	33.8
9	35.6	9	32
9.5	34	9.5	30.1
10	32.3	10	28.1

Parcela 08 Muestra 18		Parcela 08 Muestra 19		Parcela 08 Muestra 20	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	33	0	32.3	0	80.5
0.5	32.3	0.5	32.2	0.5	73.5
1	31.4	1	32.2	1	68
1.5	30.2	1.5	32	1.5	63.3
2	29.6	2	31.7	2	59
2.5	28.7	2.5	31.2	2.5	55
3	28	3	30.7	3	51
3.5	27.4	3.5	30.4	3.5	47
4	26.7	4	30.3	4	43
4.5	26	4.5	29.8	4.5	39
5	25.3	5	29.4	5	36
5.5	24.7	5.5	29.3	5.5	32
6	24	6	28.8		
6.5	23.3	6.5	28.5		
7	22.6	7	28.3		
7.5	22.5	7.5	28		
8	21.7	8	27.7		
8.5	21.2	8.5	27.4		
9	21	9	27.2		

Parcela 08 Muestra 21		Parcela 08 Muestra 22	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	68	0	79
0.5	58.5	0.5	64
1	54.5	1	49
1.5	51.5	1.5	35
2	48.5		
2.5	47		
3	45.3		
3.5	44		
4	42.6		
4.5	41.5		
5	40.5		
5.5	40		
6	39		
6.5	38		
7	37.4		
7.5	36.75		
8	36		
8.5	35.5		
9	35		
9.5	34.4		
10	34		

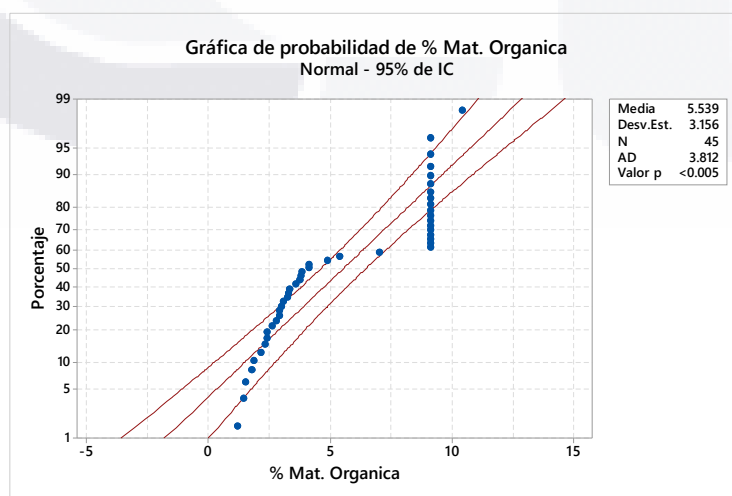
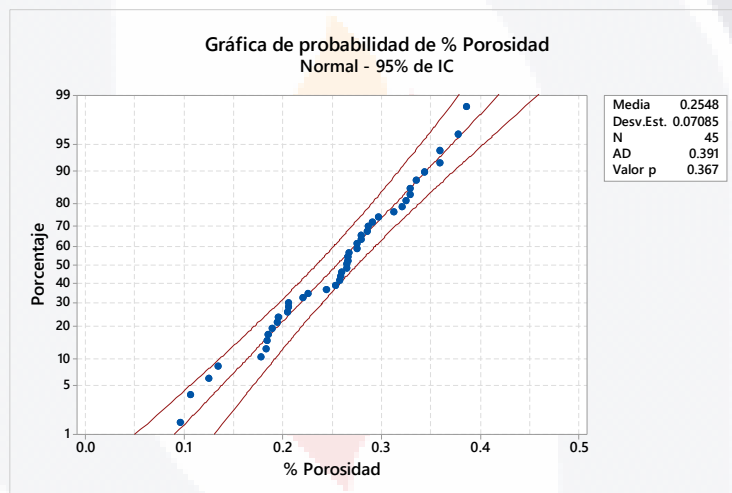
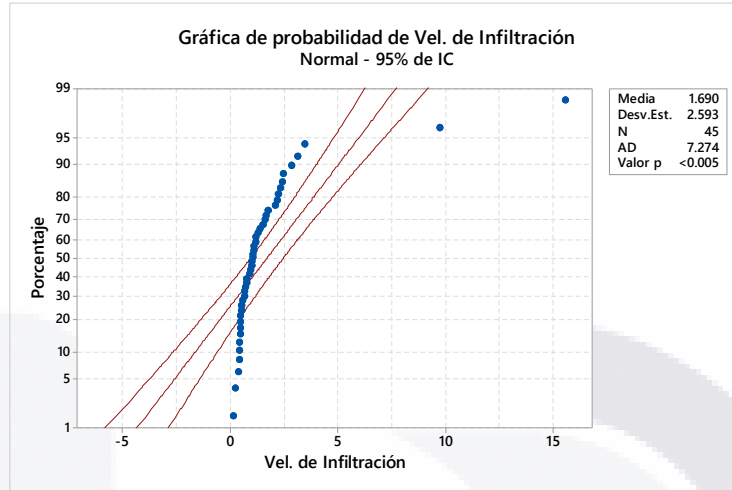
Parcela 07 Muestra 28		Parcela 07 Muestra 29		Parcela 07 Muestra 30	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	35.8	0	30	0	58.8
0.5	35.3	0.5	27.5	0.5	57.6
1	33.8	1	25.5	1	55.6
1.5	32.6	1.5	23.5	1.5	53.7
2	31.5	2	21.6	2	52
2.5	30.5	2.5	19.5	2.5	50
3	29.5	3	18	3	48.4
3.5	28.4	3.5	16.3	3.5	46.5
4	27.6	4	14.5	4	44.9
4.5	26.7	4.5	13	4.5	43.3
5	25.7	5	11.3	5	41.5
5.5	25	5.5	9.7	5.5	39.7
6	24.1	6	8.4	6	38
6.5	23.2	6.5	6.8	6.5	36.3
7	22.3	7	5.4	7	34.5
7.5	21.5	7.5	4.1	7.5	32.7
8	20.9	8	2.8	8	31
8.5	19.9	8.5	1.2	8.5	29.3
9	19.3			9	27.6
				9.5	26
				10	24.2

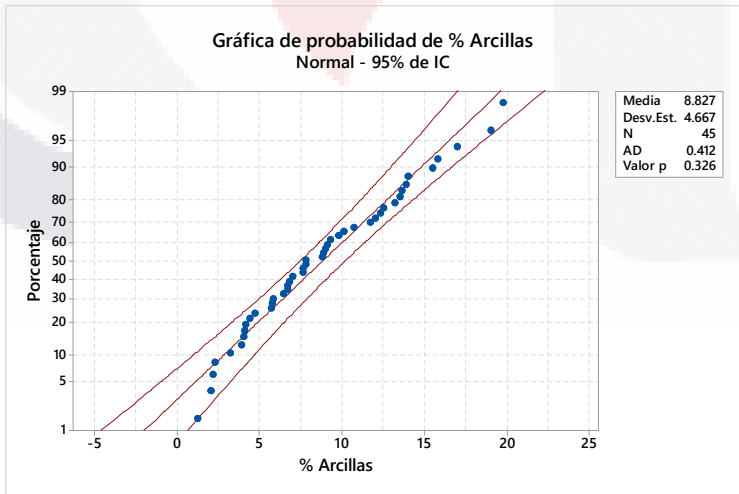
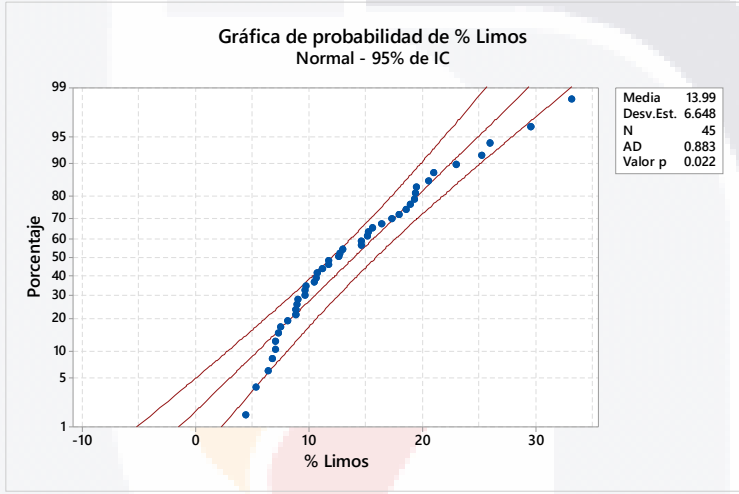
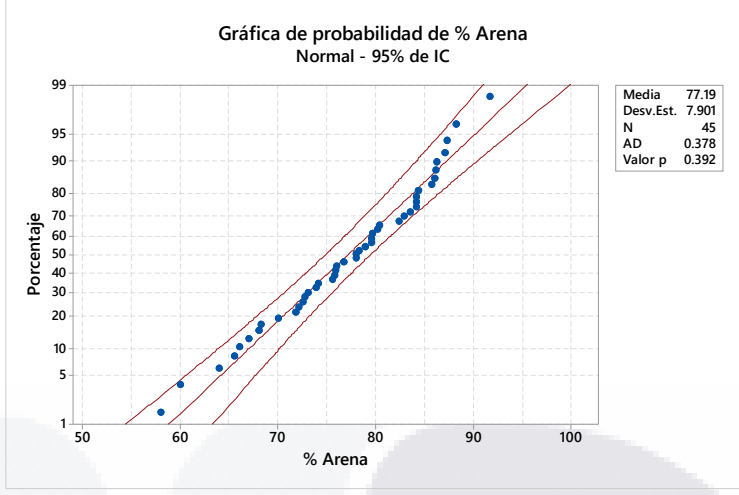
Parcela 07 Muestra 31		Parcela 07 Muestra 32	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	74.5	0	52
0.5	70.3	0.5	50.5
1	67.1	1	48.3
1.5	64	1.5	46.5
2	61.5	2	45
2.5	59	2.5	43.2
3	56.6	3	41.8
3.5	54	3.5	40.1
4	51.6	4	38.8
4.5	49.3	4.5	37.4
5	47.1	5	36
5.5	44.8	5.5	34.7
6	42.6	6	33.4
6.5	40.2	6.5	32
7	38	7	30.7
7.5	35.9	7.5	29.4
8	33.7	8	28.2
8.5	31.6	8.5	26.9
9	29.4	9	25.5
9.5	27.2	9.5	24.4
10	25.1	10	23

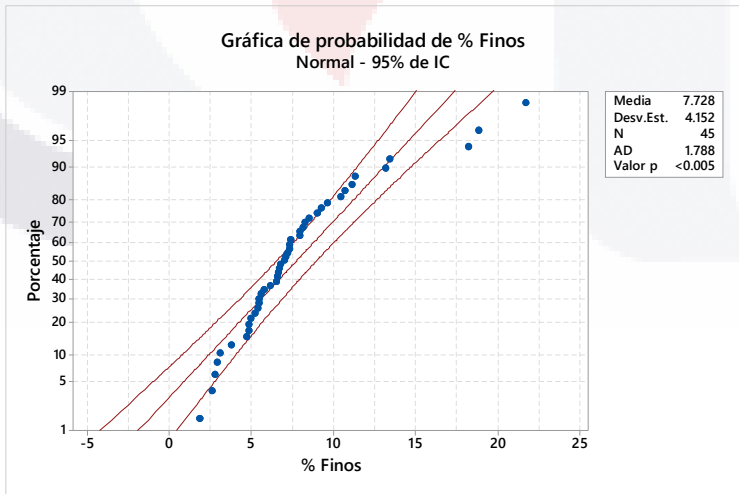
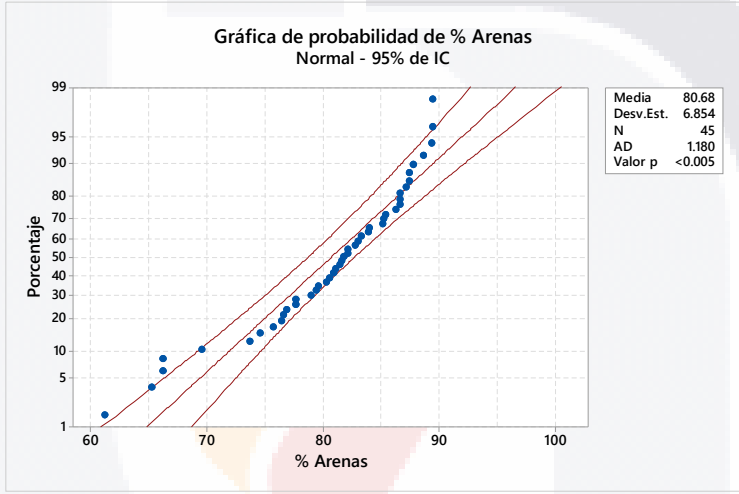
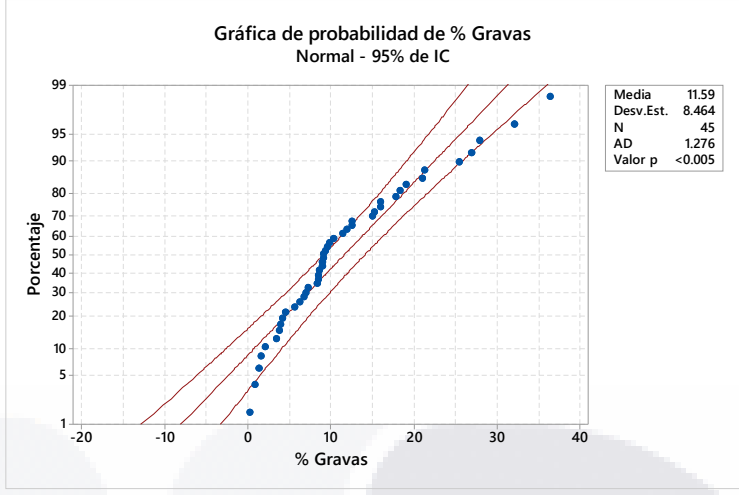
Parcela 09 Muestra 11		Parcela 09 Muestra 12		Parcela 09 Muestra 15	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	35.7	0	38.5	0	43
0.5	35.7	0.5	38.5	0.5	42.7
1	34.3	1	38.1	1	41.4
1.5	33.8	1.5	37.4	1.5	40.4
2	33	2	36.6	2	39.4
2.5	32	2.5	36.1	2.5	38.4
3	31.3	3	35.3	3	37.4
3.5	30.7	3.5	34.7	3.5	36.4
4	29.9	4	34	4	35.5
4.5	29.2	4.5	33.5	4.5	34.6
5	28.5	5	32.9	5	33.9
5.5	27.6	5.5	32.3	5.5	33.1
6	27	6	31.7	6	32.4
6.5	26.5	6.5	31.3	6.5	31.5
7	25.8	7	30.9	7	30.8
7.5	25.2	7.5	30.3	7.5	29.9
8	24.5	8	29.7	8	29.3
8.5	24	8.5	29.4	8.5	28.5
9	23.5	9	28.9	9	27.9
		9.5	28.4	9.5	27.1
		10	28	10	26.4

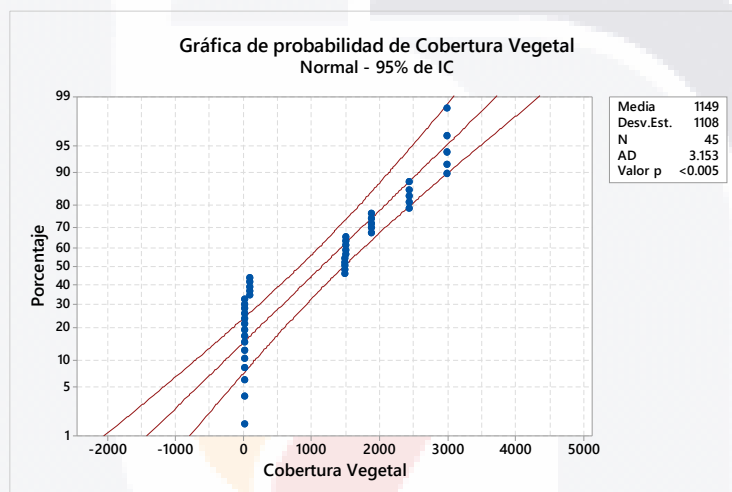
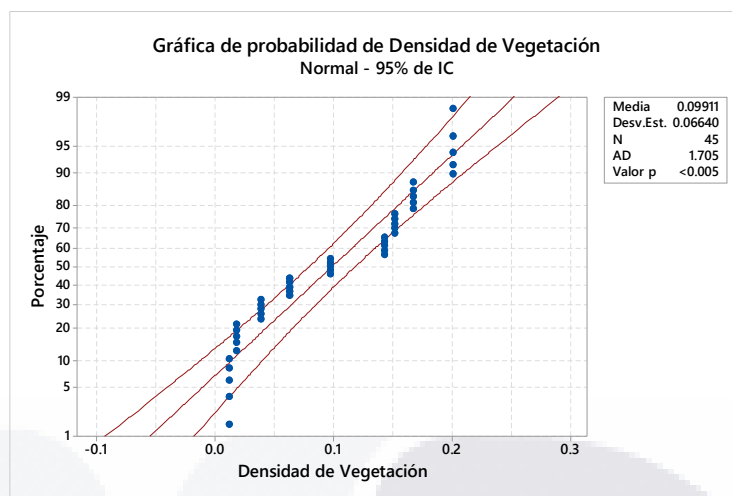
Parcela 09 Muestra 16		Parcela 09 Muestra 17	
Tiempo (min)	Lectura (cm)	Tiempo (min)	Lectura (cm)
0	39.5	0	37
0.5	39.5	0.5	34.2
1	39	1	30.6
1.5	38.2	1.5	27.8
2	37.5	2	25.4
2.5	36.5	2.5	23
3	35.8	3	20.4
3.5	35.1	3.5	18
4	34.5	4	15.7
4.5	33.8	4.5	13.2
5	33	5	10.9
5.5	32.3	5.5	8.5
6	31.8	6	6.2
6.5	31.2	6.5	3.7
7	30.5		
7.5	29.9		
8	29.3		
8.5	28.8		
9	28.2		
9.5	27.5		
10	27		

Anexo E. Pruebas de Normalidad Análisis Estadístico.

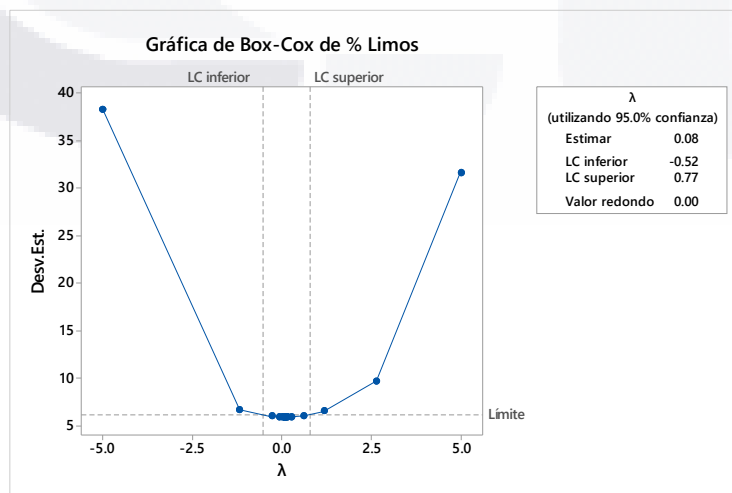
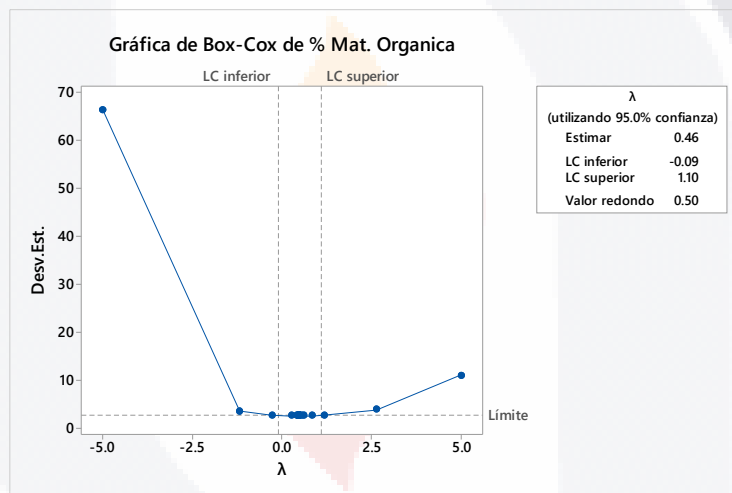
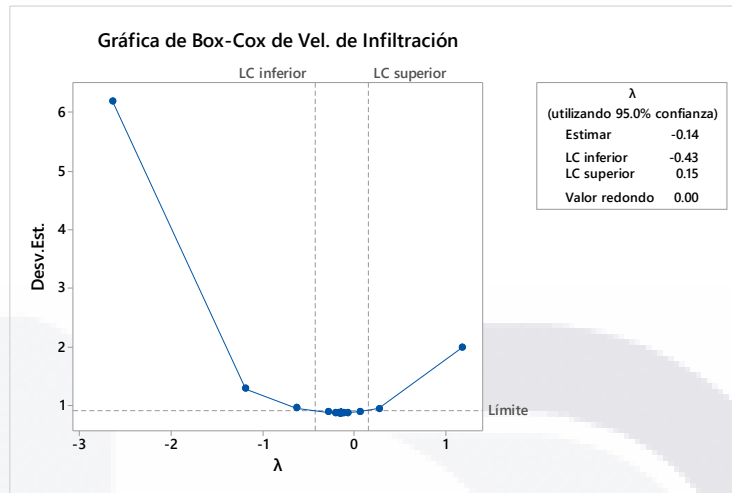


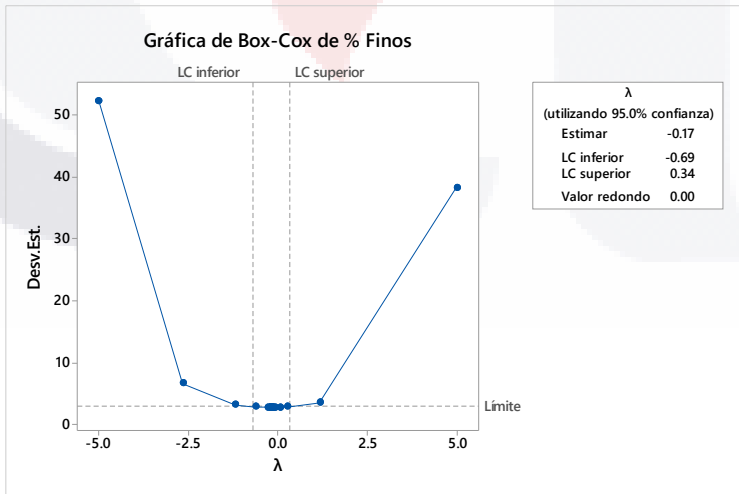
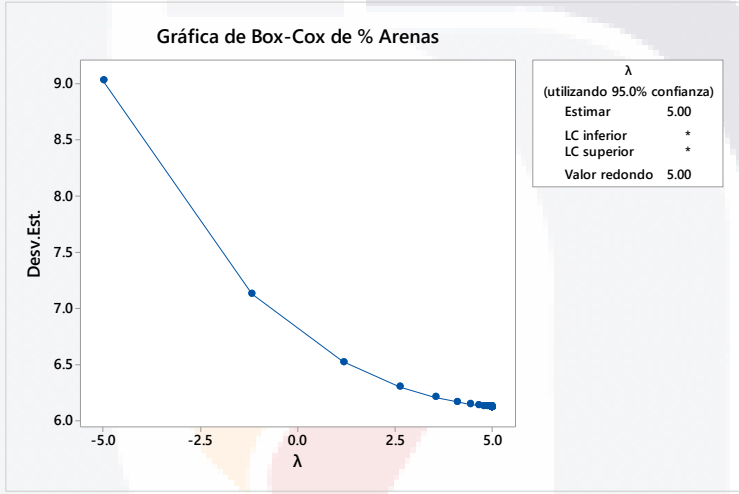
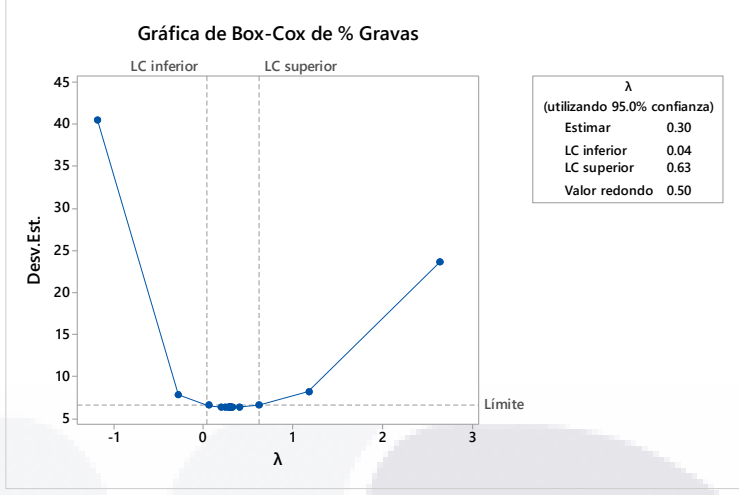


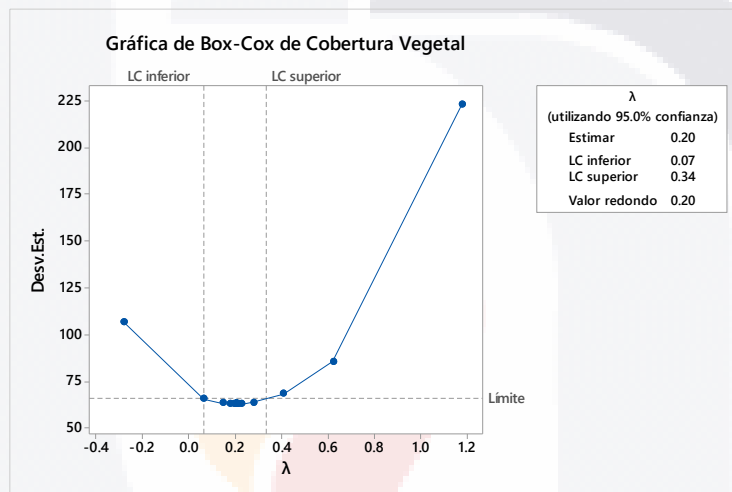
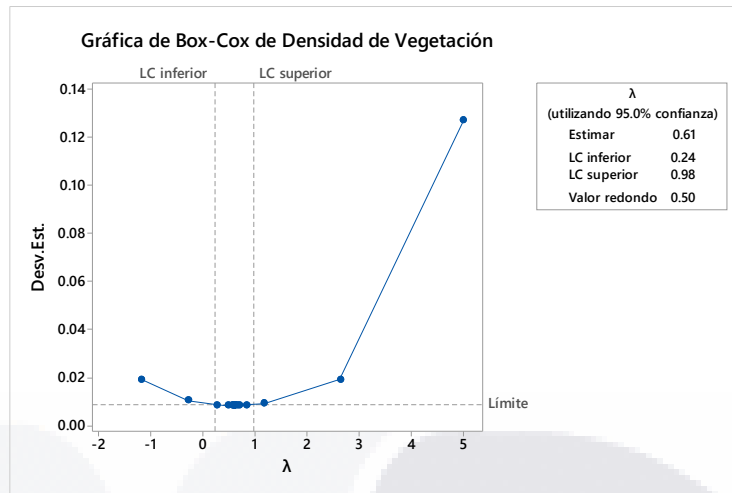




Anexo F. Transformación Box Cox para Normalización de Datos Análisis Estadístico.







Anexo G. Pruebas de Normalidad Transformada Análisis Estadístico.

