

CAPITULO I

“INTRODUCCION AL TEMA”

1.1. INTRODUCCION.

Al estudiar el tema de permeabilidad de los suelos, es necesario mantener en mente los conceptos más importantes referentes al estado energético del agua del Suelo. Existen varios fenómenos que tienen relación directa con la permeabilidad de los suelos; ya que la permeabilidad es un valor altamente sensible que depende de la naturaleza del suelo, de sus características mecánicas y de las fuerzas de superficie cuando el tamaño de partícula principal es el correspondiente a finos.

La permeabilidad se ve afectada por diversos factores inherentes tanto al suelo como a características del fluido circulante, Los principales son:

Las fuerzas de superficie, la porosidad, la tortuosidad de los vacíos del suelo, la relación de vacíos del suelo, la temperatura del fluido y suelo, la viscosidad del fluido en movimiento, La estructuración del suelo, La humedad del suelo.

Las fuerzas de superficie de los granos determinan principalmente la fuerza de atracción entre las moléculas del fluido y las partículas de suelo; este fenómeno determina en gran medida la velocidad de humectación de un suelo, la porosidad y la relación de vacíos, que son los principales parámetros con los que se ha relacionado el valor de la permeabilidad en las expresiones existentes para su determinación. Se piensa que la cantidad de vacíos que tenga un suelo determinara en gran parte el valor de su permeabilidad, sin embargo, la tortuosidad de los canales es un elemento importante, ya que un fluido circula con mayor rapidez por un canal uniforme que por uno que presente una alta tortuosidad, a pesar de que su tamaño o vacíos sean los mismos. La permeabilidad también puede variar por la estructuración del suelo; la estratificación ocasiona que los valores de su permeabilidad sean diferentes en cada estrato, incluso si se trata del mismo suelo con diferente grado de compactación o humedad, la permeabilidad seguramente será diferente.

Lo que realizara el investigador en la presente tesis, es analizar y determinar la permeabilidad de los diferentes suelos finos en laboratorio e in situ.

Los ensayos de campo para la obtención del coeficiente “k” lo realizaremos, con el permeámetro de guelph. Donde se obtendrá de manera directa la permeabilidad de los suelos estudiados, y en laboratorio Pensando en las condiciones en que se encuentra el suelo en campo y la estructura de lo que debe ser un permeámetro, se diseñará uno para así sacar las muestras inalteradas del campo y posteriormente llevarlas al laboratorio y realizar los procedimientos correspondientes para la obtención de nuestra investigación mediante la **ley de DARCY**.

Con la finalidad de identificar y caracterizar los materiales estudiados se determinaran sus propiedades índice, como son: Límites de Atterberg, contenido de humedad, granulometría, densidad in situ, relación de vacíos y porosidad.

Estos datos son necesarios para realizar la clasificación SUCS y AASHTO de los sitios y suelos estudiados, y por ultimo poder validar los resultados obtenidos de permeabilidad in situ y laboratorio mediante una expresión correlacional de ajuste que sea útil en los proyectos de ing. Civil.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En cuanto el tema planteado del **análisis comparativo de la permeabilidad in situ y en laboratorio** es de obtener las permeabilidades de los suelos finos, donde con los ensayos se pueda obtener los resultados de permeabilidad y realizar un análisis y comparación de ambas partes como in situ y laboratorio, y a base de los resultados encontrados poder hallar una constante mediante un ajuste de correlación donde nos valide un resultado obtenido en laboratorio con otro resultado obtenido in situ pero que sea del mismo suelo, pues el motivo hoy en día es que las diferentes formas y métodos de obtener resultados de permeabilidad en diferentes lugares y del mismo tipo de suelo , nos provoca que estos no sean similares en los resultados tanto por el lugar de ensayo como los factores que se podrían presentar. Por ejemplo:

in situ : las condiciones de realizar un ensayo de permeabilidad en el lugar se observa que no serían las adecuadas por el lugar, por no tener los equipos correspondientes en ese mismo momento para los ensayos, por un mal manipuleo de los equipos y sobre todo por la rapidez que se realizaría por el operador .

en laboratorio : las condiciones serían las más adecuadas por el mejor lugar, se realiza con mayor tranquilidad y precisión y se obtiene mejores resultados de los ensayos aplicados ese fuese el motivo de realizar un análisis comparativo ambos ensayos, y a base de lo encontrado buscar una constante para así poder ajustar un resultado de laboratorio y in situ de permeabilidad de los suelos, sería un aporte para los proyectos de ing. civil y nos facilitaría en tener un resultado óptimo con un solo ensayo realizado en laboratorio y ajustando con la constantes que se investigara para los suelos finos en nuestro tema planteado .

1.3.-DISEÑO TEORICO

1.3.1PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1.1 SITUACION PROBLEMICA:

Actualmente en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho en nuestros laboratorios de la mención de vías, es necesario tener aportes de investigación donde

para los estudiantes o docentes se vea más cómodo y fácil realizar un proyecto de aporte a la sociedad, con los equipos y materiales que se tiene a mano.

Entonces mi problema a seguir o resolver es de poder analizar y comparar ambos resultados para obtener una igualdad de la permeabilidad in situ y laboratorio mediante una correlación de los suelos finos estudiados, de los barrios de la provincia Cercado del departamento de Tarija.

Por tal motivo cuando se realizan los ensayos in situ y laboratorio no podemos llegar a un mismo resultado, ya que existen muchos factores que lo impiden, como el lugar a realizarse los ensayos o como también el clima, la rapidez, etc.

Cosa que nos impide tener un resultado igualitario entre ambos.

Por lo tanto esta investigación debe convertirse en una prioridad para nuestra universidad ya que por ello realizaremos un proceso de investigaciones donde paso a paso llegaremos a nuestro problema planteado.

1.3.1.2. PROBLEMA:

¿Cómo un análisis puede generar una relación entre la permeabilidad de las clases de suelos finos?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Objetivo general:

Analizar experimentalmente las permeabilidades in situ y de laboratorio; de los tipos de suelos finos; de tal manera que se pueda establecer una relación reciproca o aproximada de sus resultados.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Recopilar la información teórica de la permeabilidad de los suelos finos.
- Estudiar las características y propiedades de los suelos finos de la provincia cercado del departamento de Tarija en lo referente a su comportamiento.
- Establecer las metodologías para el cálculo y obtención de la permeabilidad in situ (Permeámetro de guelph) y laboratorio (permeámetro de carga variable)
- Realizar una correlación de los datos obtenidos de permeabilidad in situ y laboratorio y así saber el grado de asociación.

- Encontrar mediante una correlación una ecuación o constante que iguale ambos resultados de permeabilidad tanto in situ y laboratorio tomando como patrón la permeabilidad de campo.

1.5. HIPOTESIS

Si se hace mediciones reales de la permeabilidad in situ y la de laboratorio, aplicado a diversos tipos de suelo fino, entonces, se obtendrá una base de resultados que pueden ser relacionados mediante una correlación de Pearson; de tal manera se pueda establecer el grado de asociación y encontrar una constante de igualdad de dichos resultados hallados para poder ser utilizados en forma confiable en las obras civiles.

1.6. Definición de variables independientes y dependientes.

1.6.1. Variable independiente:

- Tipo de suelo fino.

1.6.2. Variable dependiente:

- Permeabilidad

1.6.3. Conceptualización y operacionalización:

Variables independientes:

Tabla: 1.1:

		operacionalizacion		
variable nominal	conceptualización	dimensión	indicador	Valor-acción técnica
V1 Tipo de suelo fino.	Se refiere a la humedad y volumen y los diferentes tipos de materiales que componen el suelo	Contenido de humedad	Humedad volumen	Método del horno
		suelo finos	Granulometría	Clasificación SUCS y AASHTO

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente:

Tabla: 1.2:

		operacionalización		
Variable nominal	conceptualización	dimensión	indicador	Valoración técnica
V2 permeabilidad	Analizar los resultados de permeabilidad in situ y laboratorio para un mismo suelo fino, y así saber el grado de asociación entre ambos.	Clasificación material	Curva granulométrica	Clase de tipo de suelo
		Límite de atterberg	Índice de plasticidad	Clase de tipo de suelo
		Obtención de la humedad	Método Horno	Clase de tipo de suelo
		Permeabilidad In situ y lab.	Método permeámetro de guelph Método permeámetro de carga variable	Clase de tipo de suelo

Fuente: Elaboración propia

1.7.1.1. UNIDAD DE ESTUDIO

Análisis comparativo de la permeabilidad in situ y laboratorio

La unidad o el área de estudiarse son de analizar y comparar la permeabilidad de los suelos;

Esto para los diferentes suelos finos

1.7.1.2. POBLACION

Diferentes suelos finos.

La población comprenderá los diferentes suelos finos de la provincia cercado-Tarija, también comprende el diferente tipo de equipo para la obtención de la permeabilidad in situ y laboratorio. Así para obtener un resultado óptimo igualitario de un mismo suelo con los diferentes tipos de ensayos, por lo tanto los diferentes suelos a tomar en cuenta en nuestro proyecto se los clasificara con el sistema SUCS y AASHTO

1.7.1.3. MUESTRA

Suelos finos

La muestra comprenderá específicamente de cada suelo en estudio.

Las propiedades a tomarse en cuenta para la investigación concretamente son los siguientes ensayos: límites de atterberg, contenido de humedad, densidad in situ. Relación de vacíos, porosidad y granulometría. Estos son necesarios para realizar la clasificación SUCS y AASHTO de los lugares estudiados.

1.7.1.4. MUESTREO

Aleatorio probabilístico

Es estadístico se reconoce como muestreo a la técnica para la selección de una muestra a partir de una población.

Para el muestreo se extrae muestras de los barrios de la provincia cercado del departamento de Tarija de tal manera que cada una de ellas tengan la misma probabilidad de ser elegidas para el trabajo ya que sabemos por medio de indagaciones e investigaciones realizadas que más del 80 % del suelo de la provincia cercado del departamento de Tarija son suelos finos, y se procuró extraer muestras de todos los lugares posibles para realizar nuestros trabajos de investigación análisis comparativo de permeabilidad in situ y laboratorio.

1.8. MÉTODOS, TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS.-

Definición, selección y/o elaboración de métodos

Lo que se pretende con el presente proyecto es determinar las permeabilidades in situ y Laboratorio de los suelos finos de la provincia cercado del departamento de Tarija, y mediante ensayos obtener los resultados por una parte, y realizar correlaciones para saber el grado de asociación entre ambas.

Considerando sus factores que intervienen en la realización del ensayo como ser límites de consistencia, relación de vacíos, porosidad. Densidad, humedad natural y Peso de la muestra en base a diversos ensayos de realizar en laboratorio debidamente normalizados; para esto se describe a continuación los procesos a seguir.

Reconocimiento de los lugares de extracción de material.

Por medio de indagaciones en el laboratorio de la universidad Juan Misael Saracho, se obtuvieron barrios y lugares del departamento de Tarija-cercado de los materiales considerados a utilizar para nuestra extracción de muestras pero esto se constatará con los ensayos y clasificación SUCS y AASTHO que realizaremos.

Material fino:

Barrios los chapados, Morros blancos, IV centenario, senac y otros.

Justificación de la elección del método de muestreo

Para el proyecto se utilizara el muestreo probabilístico anteriormente descrito, puesto que al ir a traer material de los lugares de extracción, estos materiales se encontraran alojados en un área determinada, entonces , se delimitara un área menor que contenga el material que se busca para el proyecto y se tomaran muestras cada cierta distancia de un punto de muestreo a otro, esto para toda el área delimitada, con la finalidad de que todas las muestras que se tomen tengan la misma características para realizar

nuestro ensayo de clasificación ‘‘SUCS’’ y ‘‘AASHTO’’ y nuestro ensayo de permeabilidad in situ y laboratorio,

Descripción:

Primeramente se realizara la visita a un barrio o lugar de préstamo para la extracción del material, posteriormente se ubicara o delimitara un área total, dicha área tendrá que tener por inspección visual del suelo con las características que se necesita para el proyecto, se elegirá el área por el tamaño de las partículas que posee y necesite dicha área delimitada, luego de visualizar todo el área se escogerá un lugar específico para la extracción de la muestra y la realización de nuestro ensayos mencionados anteriormente

Caracterización:

Posteriormente terminando el reconocimiento de los barrios y lugares de extracción de las muestras buscadas, se continuara con la caracterización de los materiales.

Para conocer las características o propiedades de los materiales a usar en el proyecto se realizara una caracterización con los siguientes ensayos:

Cuarteo del material

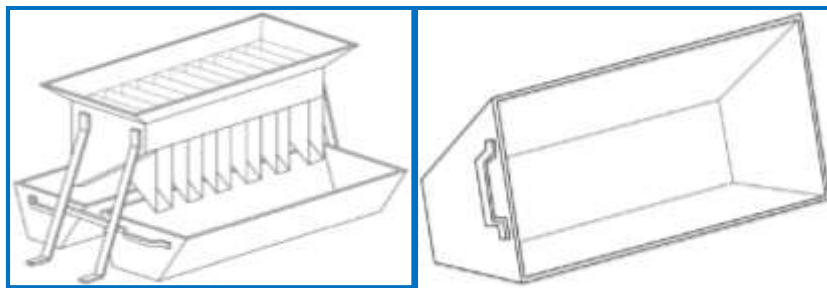
Antes de empezar con la caracterización se procederá al cuarteo del material elegido, con la finalidad de que la muestra a utilizar obtenga todas características con igual con las demás muestras a utilizar, para ello se depositara todo el material seleccionado a en un recipiente y se realizara en mezclado total de toda la muestra, posteriormente se dividirá dicha muestra en cuatro partes iguales, de las cuales dos partes serán utilizadas para el proyecto, tomando en cuenta la cantidad mínima de material que se necesita para cada ensayo.

Cuarteo manual

Consistió en realizar la mezcla del material seleccionado para luego dividirlo en cuatro partes y seleccionar la muestra que se necesita.

CUARTEO MECANICO.- También se podrá realizar el cuarteo del material de forma mecánica con ayuda del siguiente equipo y recipiente.

Imagen: 1.1: Cuarteo mecánico



Fuente: Elaboración propia

1.9. TECNICAS DE MUESTRO

Se utilizara el método Aleatorio probabilístico

Consiste en obtener muestras de suelos finos de los barrios mencionados anteriormente, de tal manera cada una de las muestras tengan la misma probabilidad de ser elegida para el trabajo, esto marcando un área donde se encuentren dichas muestras y elegir las aleatoriamente sin discriminación alguna

Proceso de análisis de los datos obtenidos de la caracterización de suelos

Una vez realizado todos los ensayos de caracterización, se procederá a realizar la comparación y depuración de dichos datos obtenidos que sean iguales y caigan en la misma clasificación de suelo, esto se conseguirá realizando comparaciones de datos obtenidos de los suelos en el mismo laboratorio de la universidad Juan Misael Saracho, y realizando indagaciones al docente asignado a la materia, con la finalidad de realizar una comparación de datos.

Proceso de clasificación de los suelos a utilizar

Como es normal y se puede apreciar en ejemplos de suelos extraídos de barrios de Tarija-Cercado, el material granular y fino se encuentra de manera mezclada o en algunos casos se encuentra separado el material granular del fino, por ello es importante antes de la realización del proyecto en laboratorio e in situ, realizar una clasificación de los tipos de suelo que serán parte del proyecto, dicha clasificación se realizara en base al sistema "SUCS" y "AASHTO", considerando los suelos detallados finos, esto con la finalidad de tener cada tipo de suelo ya preparado, para realizar el ensayo de permeabilidad de estos suelos de manera directa in situ y en el laboratorio. Los suelos tendrán que tener las características descritas, según el sistema de clasificación "SUCS" y "AASHTO".

1.10. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

Ensayo de granulometría:

La obtención de la granulometría del material se lograra por medio de un análisis por cribado, que consiste en sacudir una determinada muestra de suelo a través de un conjunto de mallas o tamices que tienen aberturas progresivamente más pequeñas, es decir, van disminuyendo de tamaño.

Técnicas

Número de ensayos

Los ensayos para la granulometría será un mínimo de tres por muestra, hasta cinco como límite, dependiendo del tiempo requerido para realización de cada ensayo y el tiempo que se tendrá para la realización del proyecto.

Las técnicas a realizar en este trabajo será: técnica realizada en el laboratorio como también in situ

Tiempo de realización

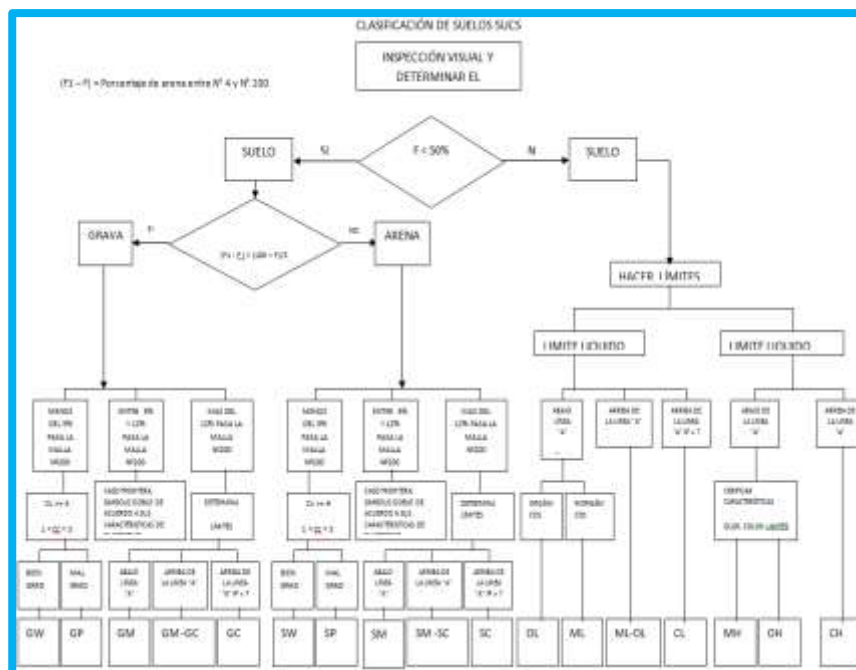
Considerando que se realizara tres ensayos, y tomando en cuenta que cada ensayo toma un tiempo aproximado de dos horas, entonces se culminara la caracterización por medio de la granulometría en 6 horas o un día aproximadamente, esto solo para una determinada muestra de suelo de un barrio mencionado anteriormente puede ser granular o fino, pudiendo variar los tiempos si se consideran más muestras o se presenta algún inconveniente.

Procedimiento

El procedimiento que se seguirá para este ensayo será en base a las normas de la clasificación SUCS. Se seguirá como base de procedimiento la guía de laboratorio suelos y hormigones, sobre el ensayo de granulometría, de la Universidad Juan Misael Saracho.

Clasificación SUCS

Imagen: 1.2: Clasificación de suelos SUCS



Ensayo de contenido de humedad:

Extraer la muestra del campo luego tomar una porción de la misma para realizar el pesado luego de eso colocar al horno a 150 grados centígrados por un tiempo de 24 hrs.

Después de lo cumplido sacar del horno y volver a realizar el peso de la muestra y llevar los datos a gabinete.

Número de ensayos

Los ensayos para la granulometría será un mínimo de tres por muestra, hasta cinco como límite, dependiendo del tiempo requerido para realización de cada ensayo y el tiempo que se tendrá para la realización del proyecto.

Las técnicas a realizar en este trabajo será: técnica realizada en el laboratorio

Tiempo de realización

Si se considera que se realizaran tres ensayos de contenido de humedad, y tomando en cuenta cada ensayo toma un tiempo aproximado de 24 hrs en el horno aproximadamente, entonces se necesitara realizar 1 día colocando tres platos de cada suelo en el horno en total para la caracterización con este ensayo, el tiempo requerido para todos será de 24 horas, es decir, 1 día hábil aproximadamente, pudiendo variar los tiempos si se consideran más muestras o se presenta algún inconveniente.

Ensayo de límites

La obtención de los límites de los suelos se lo realizara mediante la utilización del equipo de casa grande, esto para encontrar el límite líquido; y se utilizara también una base de vidrio para conocer el límite plástico.

Los ensayos de límites de Atterberg consisten en determinar al contenido de humedad de las muestras de suelo cuando estos están en los límites del campo plástico.

Número de ensayos

Los ensayos para los límites serán un mínimo de tres para cada muestra, dependiendo del tiempo requerido para realización de cada ensayo y el tiempo que se tendrá para la realización del proyecto.

Tiempo de realización

Si se considera que se realizaran tres ensayos de límites líquido y plástico, y tomando en cuenta cada ensayo toma un tiempo aproximado de una hora y media aproximadamente, entonces se necesitara realizar 6 ensayos en total para la caracterización con este ensayo, el tiempo requerido para todos será de 9 horas, es decir, 1.5 días hábiles aproximadamente, pudiendo variar los tiempos si se consideran más muestras o se presenta algún inconveniente.

Procedimiento:

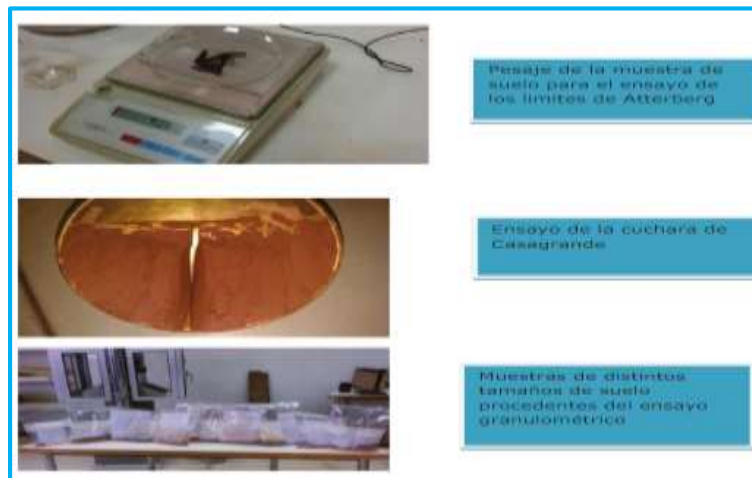
Límite líquido: El procedimiento para la prueba del límite líquido está dado en la Prueba D-4318 de la ASTM.

Límite plástico: El procedimiento para la prueba del límite plástico se da en la prueba D-4318 de la ASTM.

Se seguirá como base de procedimiento la guía de laboratorio suelos y hormigones, sobre el ensayo de límites de Atterberg, de la Universidad Juan Misael Saracho.

Ensayo de límites de ATTERBERG

Imagen 1.3: límites de atterberg



Fuente: manual de ensayos de suelos vol.4

Ensayo del permeámetro de guelph (in situ)

Esta sección presenta la metodología empleada para medir la permeabilidad de los suelos en campo .El permeámetro o infiltró metro de Guelph es un instrumento que

consta de dos tubos concéntricos de diferentes diámetros. Uno actúa como depósito de agua, y el otro de menores dimensiones que se pone en contacto con el suelo, lleva acoplado un sistema que permite mantener una carga hidráulica constante.

Por lo tanto a base de este equipo podemos obtener la permeabilidad de nuestros suelos estudiados in situ.

Número de ensayos

Los ensayos para la permeabilidad serán de 30 ensayos en el departamento de Tarija-cercado, dependiendo del tiempo requerido para realización de cada ensayo y el tiempo que se tendrá para la realización del proyecto.

Tiempo de realización

si se considera que se realizaran ensayos de obtención directa de la permeabilidad con el equipo del permeámetro de guelph, y tomando en cuenta cada ensayo toma un tiempo aproximado de una hora y media aproximadamente, entonces se necesitara realizar 5 ensayos para cada suelo clasificado en total para la obtención de este con este ensayo, el tiempo requerido para todos será de 45 horas, es decir, casi 2 días hábiles aproximadamente, pudiendo variar los tiempos si se consideran más muestras o se presenta algún inconveniente.

Procedimiento:

- se perfora un orificio en el suelo de unos 30 cm de profundidad.
- se llena el depósito de agua y se cierra para crear el vacío.
- se introduce el cilindro de menor diámetro en el orificio del suelo.
- se abre el émbolo de la parte superior y se realizan lecturas del flujo para dos cargas hidráulicas constantes, de 10 (cm) y 5 (cm)

El método de cálculo utilizado para determinar la infiltración ha sido el propuesto por Reynolds y Erick (1985). Estos autores determinan la infiltración considerando un régimen estacionario,

Permeámetro de GUELPH

Imagen: 1.4. Permeámetro de guelph



Fuente: guía manual del permeámetro de guelph

Ensayo de permeámetro de carga variable (laboratorio)

En este tipo de permeámetro se mide la cantidad de agua que atraviesa una muestra de suelo, por la diferencia de niveles en tubo alimentador. Este permeámetro puede ser utilizado en suelos finos y grueso variando el diámetro del tubo alimentador, pero lo más común es utilizarlo con los suelos finos pocos permeables.

Número de ensayos

Los ensayos para la permeabilidad serán de 5 para cada suelo, dependiendo del tiempo requerido para realización de cada ensayo y el tiempo que se tendrá para la realización del proyecto.

Tiempo de realización

si se considera que se realizaran ensayos de obtención EN LABORATORIO la permeabilidad con el equipo del permeámetro DE CARGA VARIABLE, y tomando en cuenta cada ensayo toma un tiempo aproximado de una hora y media aproximadamente, entonces se necesitara realizar 5 ensayos para cada suelo clasificado en total para la obtención de este con este ensayo, el tiempo requerido para todos será de 45 horas, es decir, casi 2 días hábiles aproximadamente, pudiendo variar los tiempos si se consideran más muestras o se presenta algún inconveniente.

Procedimiento

Extracción de la muestra inalterada. Una vez que se preparó el sitio, se delimita un área de 25 x 25 cm sobre el suelo donde se labrará la muestra formando un montículo de suelo inalterado que facilite el hincado de la base del tubo del permeámetro como se aprecia en la figura Ya preparado el terreno se coloca la base sobre el montículo y se inicia el

Hincado cuando el suelo ha penetrado 5 cm en la base metálica se enrosca el tubo de Lucita al casco metálico y se continua el hincando del equipo aprovechando el filo de la base metálica. La extracción de la muestra se hace con el auxilio de un cuchillo, labrando aproximadamente la forma del equipo, hasta lograr que el suelo alcance una altura de 15 a 30 cm dentro del tubo de Lucita Cuando la muestra está lista, se etiqueta y se protege con una bolsa plástica perfectamente cerrada en sus extremos y se traslada al laboratorio donde se ensaya.

Precauciones.

Es necesario que el trabajo de labrado se ejecute con cuidado y sin generar esfuerzos tangenciales al suelo, ya que esto produce que la muestra se fracture y se pierda su acomodo natural. El traslado de la muestra debe de ser siempre en la posición de extracción, es decir vertical, ya que cualquier movimiento brusco podría ocasionar su desintegración principalmente en suelos con bajo contenido de humedad y no plásticos.

Imagen: 1.5: Extracción de la muestra in situ



Fuente: Elaboración propia

La prueba consiste en medir la cantidad de líquido que atraviesa la muestra de suelo en un tiempo determinado, Al ejecutar la prueba se llena de líquido el tubo vertical observándose su descenso a medida que el fluido atraviesa la muestra. se tiene que: “a” Área del tubo vertical, “A” Área de la muestra, “L” Longitud de la muestra, “h1” Carga hidráulica al principio de la prueba, “h2” Carga hidráulica al final de la prueba, “t” Tiempo requerido para que la carga hidráulica pase de h1 a h2. Considerando un tiempo dt , la cantidad de líquido (cm^3) que atraviesa la muestra será, según la ley de Darcy Al mismo tiempo, en el tubo vertical el agua habrá tenido un descenso dh y el volumen de

líquido que atravesó la muestra en el tiempo dt podrá expresarse como, las dos expresiones anteriores pueden igualarse, pues ambas se refieren a lo

FORMULA DE DARCY

$$K = \frac{L * a}{A * t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Mismo: por lo tanto con esta expresión se calcula el coeficiente de permeabilidad

Imagen: 1.6: Permeámetro de carga variable (laboratorio)



Fuente: Elaboración propia

Análisis de la correlación por el coeficiente lineal de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson, pensado para variables, es un índice que mide el grado de variación entre distintas variables relacionadas linealmente. Adviértase que decimos "variables relacionadas linealmente". Esto significa que puede haber variables fuertemente relacionadas, pero no de forma lineal, en cuyo caso no proceder a aplicarse la correlación de Pearson.

El coeficiente de correlación de Pearson es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Digamos, en primera instancia, que sus valores absolutos oscilan

Entre 0 y 1. Esto es, si tenemos dos variables X e Y, y definimos el coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables como r_{xy} entonces:

$$0 \leq r_{xy} \leq 1$$

Hemos especificado los términos "valores absolutos" ya que en realidad si se contempla el signo el coeficiente de correlación de Pearson oscila entre -1 y $+1$. No obstante ha de indicarse que la magnitud de la relación viene especificada por el valor numérico del coeficiente, reflejando el signo la dirección de tal valor. En este sentido, tan fuerte es una relación de $+1$ como de -1 . En el primer caso la relación es perfecta positiva y en el segundo perfecta negativa.

1.11. PREPARACION DE INSTRUMENTOS DE APLICACION

Tamices

Cada juego de tamices debe contar con un depósito que ajuste perfectamente, para la recepción del residuo más fino. Cada juego de tamices debe contar con una tapa que ajuste perfectamente para evitar pérdidas de material.

Herramientas y accesorios

Balanza, horno, Espátulas, brochas, recipientes para secado, recipientes para pesaje, etc.

Para realizar los ensayos de límites de utilizar el equipo de casa grande, esto para encontrar el límite líquido; y se utilizara también una base de vidrio para conocer el límite plástico

Herramientas para el permeámetro de guelph (in situ)

Para la obtención de la permeabilidad in situ permeámetro de GUELPH que consta de: un sistema que permite mantener una carga hidráulica constante.

Dos tubos concéntricos de diferentes diámetros. Uno actúa como depósito de agua, y el otro de menores dimensiones

Herramientas para el permeámetro de carga variable (laboratorio)

Para la realización de la prueba de permeabilidad en laboratorio se debe reunir el siguiente equipo: permeámetro con muestra inalterada, tela de malla No 100, tubo alimentador, cronómetro, fluxómetro, vernier, recipiente receptor de vidrio, hoja de registro de datos, cuchillos, estufa de gas, balanza, probeta graduada, líquido a utilizar

Accesorios del permeámetro de carga variable (laboratorio)

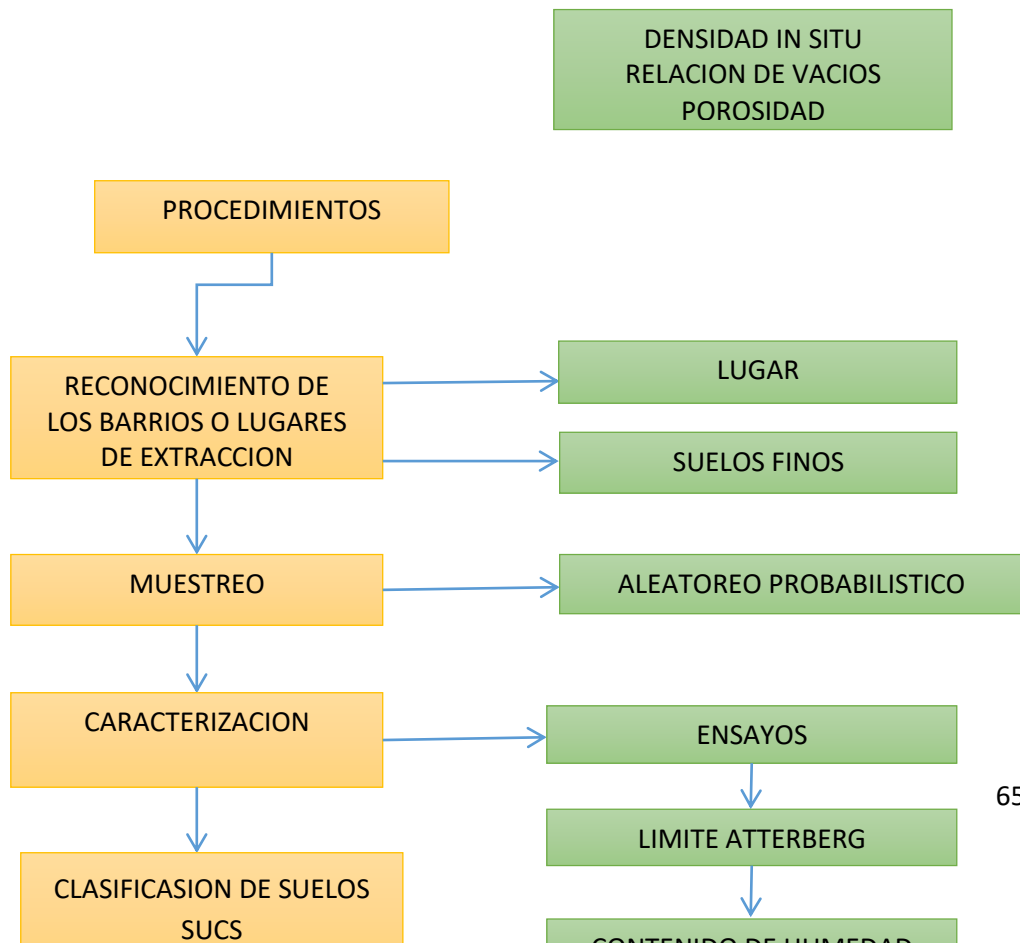
Imagen: 1.7: accesorios del permeámetro laboratorio.





Fuente: Elaboración propia

ESQUEMA LÓGICO SECUENCIAL:



1.12. PROCESO ESTADÍSTICO

1.12.1. Probabilístico

El análisis estadístico a realizar fue de carácter probabilístico, puesto que se utilizara los mecanismos de la estadística para describir las características de datos y resultados que obtuvieron.

Al contar con datos de diferentes datos de observación los mismos serán analizados con una metodología de análisis estadístico con indicadores de tendencia central como son la media, moda, y medidas de dispersión como la desviación estándar, varianza y coeficiente de variación.

1.12.2. Procedimiento para el análisis e interpretación de la información.

1.13. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Correlacional o descriptivo

Se considera que se realizara una investigación de tipo correctiva, puesto que pronosticare un evento, la permeabilidad de los tipos de suelos finos dependiendo de sus características y sus factores que influyen en la misma, simplemente conociendo su clasificación o clase de suelo; puesto que una investigación correlativa estudia la relación directa de variables, es este caso las variables serán el la permeabilidad in situ y laboratorio y una constante que valide los resultados de la permeabilidad en laboratorio e in situ de un suelo de las mismas características.

Tratamiento de muestras

Como el trabajo es tipo correlativo, entonces el número mínimo de muestras es de 30 casos, y realizar los ensayos para la obtención de permeabilidad. Se determinó este número de muestras a partir del espacio de tiempo que se tiene que realizar los correspondientes ensayos y el tiempo del semestre que se llevara a cabo en la presente gestión. Las permeabilidades que obtendremos se basaran a los rangos que nos indican libros consultados por el investigador.

1.14. ALCANCE DE LA INVESTIGACION

En el capítulo I se presentara toda la información previa del proyecto de investigación, como ser la introducción de la investigación, que hablara de los conceptos y propósitos del mismo, el planteamiento del problema que tratara la situación problemática y problema por el cual se realiza el proyecto, los objetivos general y específicos, los mismos que se pretenden cumplir con el proyecto y la hipótesis de la investigación, con sus variables dependientes e independientes bien conceptualizadas y operacionalizadas.

El capítulo II constará de todos los temas importantes que se puedan obtener de la bibliografía para el conociendo necesario, que es prioridad para llevar a cabo de manera correcta el proyecto, entre los más importantes esta la permeabilidad de los suelos y los factores que influyen , límites de Atterberg ,contenido de humedad, considerando que significan teóricamente y los equipos para su obtención, la clasificación de los suelos, que será según el sistema "SUCS" y "AASHTO", analizando el tamaño de las partículas mediante la granulometría y límites y sus respectivos coeficientes, tanto de uniformidad y curvatura y lo más importante se tratara la comparación y análisis de las permeabilidades como la investigación de la constante que iguale dichos resultados en laboratorio e in situ , que es el objeto de investigación.

En el capítulo III se considerara todo el relevamiento de información que el proyecto requiera, entre los más importantes el reconocimiento de los barrios de la obtención del material, para conocer qué tipo de material contienen dichos barrios; los criterios de muestreo para tener en claro de qué forma se realizara la obtención de las muestras de los suelos finos; los criterios de caracterización para tener información sobre las normas y procedimientos a seguir para cada tipo de ensayo que se realice y que grado de exactitud presentan dichos ensayos; los laboratorios a utilizar, si se encuentran normalizados y por último el resumen del relevamiento de información, tanto del

reconociendo de los barrios de obtención de muestra y de los resultados o datos obtenidos mediante los ensayos de permeabilidad (in situ y laboratorio) de los tipos de suelos.

El capítulo IV tratara todo el análisis y comparación de datos obtenidos de la caracterización de los suelos y se realizara el proceso de la correlación sobre las permeabilidades obtenidas de los diferentes suelos mediante su clasificación , como también que tan permeables son los suelos según su tipo de clasificación, esto para conocer en qué medida varían estos datos, es decir, si se parecen o no a los datos obtenidos en el campo comparando con los datos de permeabilidad de laboratorio, si poseen un rango de variación, etc. Seguidamente se realizara en tratamiento estadístico para validar y conocer a detalle los resultados obtenidos, finalmente realizado todo el análisis de los resultados sobre las permeabilidades de los tipos de suelo en estudio y la investigación de la constante de validación, se presentara una propuesta final de estos valores para los tipos de suelo estudiados en nuestra investigación.

El capítulo V se realizara las conclusiones y recomendaciones que al terminar todo el proyecto se observaron, dichas conclusiones hablaran principalmente si los objetivos, tanto general como específicos se cumplieron o en qué grado o porcentaje se cumplieron y las recomendaciones trataran sobre los requisitos que se necesitan cumplir para tomar en cuenta la propuesta final que se presentara y utilizar de manera eficiente los valores de dicha propuesta obtenida durante la realización del proyecto.

CAPITULO II

“CONCEPTUALIZACION DEL TEMA”

ESTADO DEL ARTE DEL FLUJO DE AGUA EN SUELOS.

2.1 Generalidades acerca del flujo de agua en suelos.

Al tratar con el tema de permeabilidad de los suelos, es necesario mantener en mente los conceptos más importantes referentes al estado energético del agua del suelo. Existen varios fenómenos que tienen relación directa con la permeabilidad de los suelos; ya que la permeabilidad es un valor altamente sensible que depende de la naturaleza del suelo, de sus características mecánicas y de las fuerzas de superficie cuando el tamaño de partícula principal es el correspondiente a finos.

2.2 Fenómeno capilar en suelos.

El fenómeno capilar en suelos es la respuesta a las fuerzas de cohesión y adhesión que se generan en los líquidos en la interface con un cuerpo sólido. En esta sección se presentan los mecanismos asociados al fenómeno capilar en suelos.

2.2.1 Cohesión y adhesión.

Las fuerzas básicas responsables de la retención y movimiento del agua en el suelo, se definen como cohesión y adhesión. La fuerza de cohesión es la atracción entre moléculas de agua, mientras que la adhesión es la atracción de las moléculas de agua con superficies sólidas. La fuerza de adhesión hace que algunas moléculas de agua estén rígidamente unidas a las partículas de suelo y se llama agua adsorbida; en cambio las moléculas unidas por fuerzas de cohesión sobre superficies de los granos de suelo pueden ser fácilmente removidas. Las fuerzas de cohesión y adhesión juntas regulan el movimiento del agua. En suelos arcillosos la adhesión y la cohesión ejercen influencia sobre sus propiedades de plasticidad.

2.2.2 La tensión superficial.

Las fuerzas de atracción y de repulsión intermolecular afectan las propiedades de la materia tales como: el punto de ebullición, de fusión, el calor de vaporización y la tensión superficial.

Dentro de un líquido, alrededor de una molécula, actúan atracciones simétricas; pero en la superficie, una molécula se encuentra sólo parcialmente rodeada por moléculas y en consecuencia es atraída hacia adentro del líquido por las moléculas que la rodean.

Esta fuerza de atracción tiende a arrastrar a las moléculas de la superficie hacia el interior del líquido (tensión superficial), y al hacerlo el líquido se comporta como si estuviera rodeado por una membrana invisible.

La tensión superficial es responsable de la resistencia que un líquido presenta a la penetración de su superficie, de la tendencia a la forma esférica de las gotas de un Líquido, del ascenso de los líquidos en los tubos capilares y de la flotación de objetos u organismos en la superficie de los líquidos.

Termodinámicamente la tensión superficial es un fenómeno de superficie y es la Tendencia de un líquido a disminuir su superficie hasta que su energía de superficie potencial es mínima, condición necesaria para que el equilibrio sea estable. Como la esfera presenta un área mínima para un volumen dado, entonces por la acción de la tensión superficial, la tendencia de una porción de un líquido lleva a formar una esfera o a que se produzca una superficie curva o menisco cuando está en contacto un líquido con un recipiente.

A la fuerza que actúa por centímetro de longitud de una película que se extiende se le llama tensión superficial del líquido, la cual actúa como una fuerza que se opone al aumento de área del líquido. La tensión superficial es numéricamente igual a la proporción de aumento de la energía superficial con el área y se mide en dinas/cm. La energía superficial por centímetro cuadrado se representa con la letra griega gamma (γ).

La tensión superficial depende de la naturaleza del líquido, del medio que le rodea y de la temperatura. En general, la tensión superficial disminuye con la temperatura, ya que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la agitación térmica. Las moléculas del medio exterior ejercen acciones atractivas sobre las moléculas situadas en la superficie del líquido, contrarrestando las acciones de las moléculas del fluido. En la Tabla 2.1 se muestra el valor de la tensión superficial de algunos líquidos.

Tabla 2.1 Valores de la tensión superficial del agua.

LIQUIDO	TENSION SUPERFICIAL (dinas/cm)
Agua	72.75

Fuente: (Koshkin, Shirkévich).

Los valores de la tensión superficial muestran que las moléculas superficiales tienen una energía aproximadamente 25 % mayor que las que se encuentran en el interior del fluido. Este exceso de energía no se manifiesta en sistemas ordinarios debido a que el número de moléculas en la superficie es muy pequeño en comparación con el número total del sistema. En la práctica, los efectos de superficie son significativos para partículas que tienen un diámetro menor de 10^{-4} cm.

2.2.3 Tensión capilar.

La tensión capilar es favorecida por la fuerza de atracción que ejercen las paredes de un delgado tubo del tamaño de un capilar sobre un líquido, la componente vertical de esta fuerza de adhesión que se une a la propia fuerza de cohesión del suelo provocando el vencimiento de la fuerza gravitacional. El líquido asciende a una altura donde se iguala la resultante de las fuerzas de adhesión y cohesión con la fuerza gravitacional (ver figura 2.1).

La altura de ascensión capilar es inversamente proporcional al diámetro del tubo y directamente proporcional a la tensión superficial. La altura de ascensión se puede calcular con la ecuación 2.1.

$$h = \frac{2T}{r*d*g} \quad (2.1)$$

Donde:

h :Altura de ascensión capilar

T: Tensión superficial

r :Radio del tubo

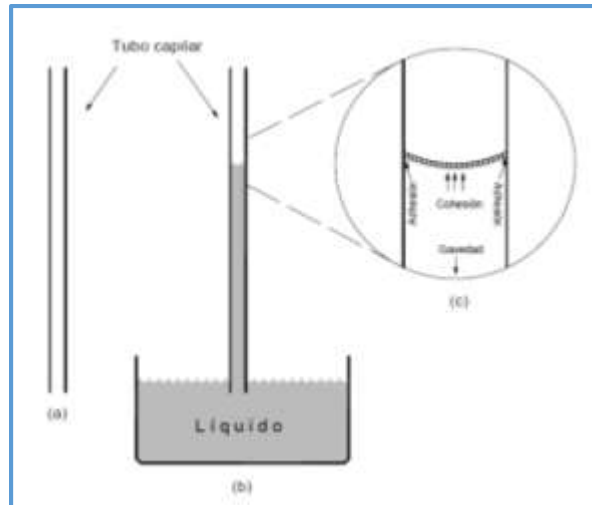
d :Densidad del líquido

g :Fuerza de gravedad

Para el caso del agua esta expresión se reduce a:

$$h = \frac{0.15}{r} \quad (2.2)$$

imagen2.1 Diagramas que muestran el fenómeno de capilaridad.



Fuente: (Koshkin, Shirkévich).

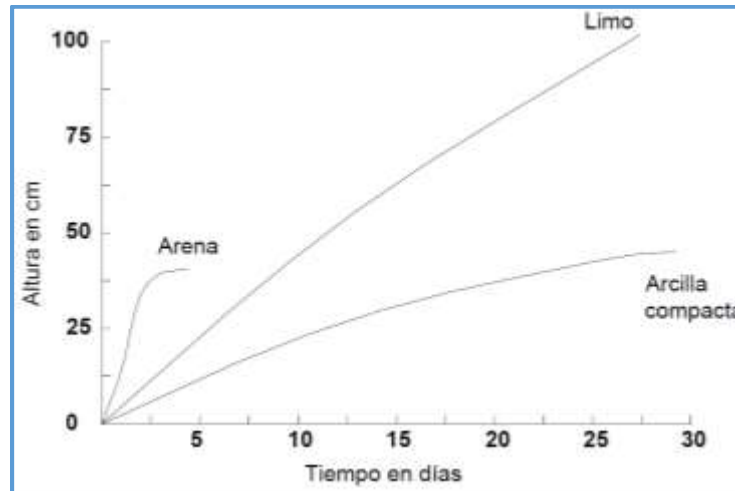
(a) La situación antes de colocar el fino tubo en la superficie del agua. (b) Cuando el tubo es insertado en el líquido, el agua asciende. (c) Las fuerzas de atracción entre las moléculas de agua y las paredes del tubo (adhesión) y la mutua atracción de las moléculas de agua una a una (cohesión). El agua asciende hasta el momento en que la fuerza de gravedad iguala a las fuerzas atractivas de cohesión y adhesión.

2.2.4 Ascensión capilar en suelos.

Las fuerzas capilares trabajan en todos los suelos humedecidos. Sin embargo, la medición del movimiento del agua por capilaridad es menor que el que se suscita en la base de contacto agua-suelo. Una razón es que los poros no son uniformes y largos como el caso de un tubo capilar. Además, algunos poros están llenos de aire, el cual puede ser atrapado, aminorando o impidiendo el movimiento de agua por capilaridad.

En suelos el movimiento del agua por capilaridad depende principalmente del tipo de suelo y el tamaño de sus vacíos; la (Figura 2.2) ilustra la velocidad de flujo en tres tipos de suelo, arena, limo y arcilla.

Imagen: 2.2 Movimiento del agua por capilaridad en tres tipos de muestras



Fuente: (Koshkin, Shirkévich).

Suelo. Note la rápida respuesta de la arena pero con moderada altura.

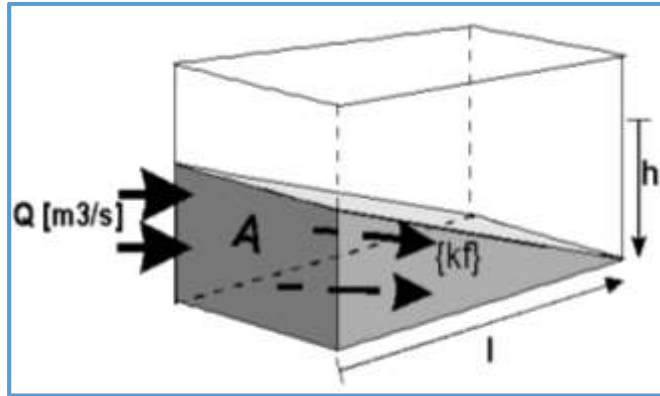
Aparentemente los poros del limo son más favorables para el movimiento que en la arcilla compacta.

La capilaridad es tradicionalmente ilustrada como una ascensión vertical. Pero el movimiento es en cualquier dirección.

2.3 Ley de Darcy y el coeficiente de permeabilidad.

Basándose en sus trabajos sobre la mecánica de fluidos, el ingeniero francés Henry Darcy (1803-1858) descubrió que existe una relación entre la cantidad de agua que fluye a través de una superficie, el área de esta superficie y el gradiente hidráulico (*ver figura 2.3*).

Imagen: 2.3 Diagrama de Darcy.



Fuente: (Koshkin, Shirkévich).

Como resumen de sus trabajos se puede expresar la "ley de Darcy" en la forma:

$$Q = \frac{dV}{dt} = K * A * i \quad (2.3)$$

$$\text{Con } i = \frac{h}{l}$$

$$\text{O también } K = \frac{Q}{i * A} \quad (\text{m/s}) \quad (2.4)$$

Por definición la determinación de “**k**” sólo es posible para un régimen de flujo laminar pero no para un régimen de flujo turbulento.

Algunos ejemplos para los rangos del coeficiente de permeabilidad “**k**” (en m/s) para distintos tipos de suelo no consolidados.

Tabla 2.2 Valores típicos del coeficiente de permeabilidad.

	100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Bueno						Pobre			Prácticamente impermeable		
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava				Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada			Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición			
						Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. ^d						
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.											
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.											
Determinación indirecta de k		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.				
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.									Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia		

2.4 Factores que influyen en la permeabilidad de los suelos.

La permeabilidad se ve afectada por diversos factores inherentes tanto al suelo como a características del fluido circulante. Los principales son:

- Las fuerzas de superficie.
- La porosidad.
- La tortuosidad de los vacíos del suelo.
- La relación de vacíos del suelo.
- La temperatura del fluido y suelo.
- La viscosidad del fluido en movimiento.
- La estructuración del suelo.
- La humedad del suelo.

Las fuerzas de superficie de los granos determinan principalmente la fuerza de atracción entre las moléculas del fluido y las partículas de suelo; este fenómeno determina en gran medida la velocidad de humectación de un suelo, la porosidad y la relación de vacíos, que son los principales parámetros con los que se ha relacionado el

valor de la permeabilidad en las expresiones existentes para su determinación. Se piensa que la cantidad de vacíos que tenga un suelo determinara en gran parte el valor de su permeabilidad, sin embargo, la tortuosidad de los canales es un elemento importante, ya que un fluido circula con mayor rapidez por un canal uniforme que por uno que presente una alta tortuosidad, a pesar de que su tamaño o vacíos sean los mismos.

La permeabilidad también puede variar por la estructuración del suelo; la estratificación ocasiona que los valores de su permeabilidad sean diferentes en cada estrato, incluso si se trata del mismo suelo con diferente grado de compactación o humedad, la permeabilidad seguramente será diferente.

2.5 Métodos de medición de la permeabilidad.

Existen varios procedimientos para la determinación de la permeabilidad de los suelos, los podemos dividir básicamente en dos grupos: los “directos”, porque se basan en pruebas cuyo objetivo fundamental es la medición del coeficiente de permeabilidad, y otros “indirectos”, ya que proporcionan el valor del coeficiente de permeabilidad en forma secundaria, es decir, por medio de pruebas y técnicas diseñadas para otros fines. Los métodos son los siguientes:

a) Directos:

- Permeámetro de carga constante.
- Permeámetro de carga variable.
- Prueba directa en los suelos en el lugar.

b) Indirectos:

- Cálculo a partir de la curva granulométrica.
- Cálculo a partir de la prueba de consolidación.
- Cálculo con la prueba horizontal de capilaridad

El uso del permeámetro de carga constante ofrece el método más simple para determinar el coeficiente de permeabilidad de un suelo y se recomienda ser utilizado en suelos poco permeables; pueden ser usado por ejemplo: en limos o arenas medianamente cementadas.

El permeámetro de carga variable puede ser usado para determinar el coeficiente de permeabilidad en suelos finos y gruesos, el principio básico es el mismo en ambos

métodos, solo con la diferencia de la aplicación de las fórmulas para obtener los resultados, ya que en el permeámetro de carga variable se utiliza un volumen determinado de líquido, haciendo intervenir la diferencia de alturas del tubo alimentador.

Las pruebas directas en campo consisten básicamente en la construcción de pozos sobre el terreno que se desea conocer su permeabilidad; este tipo de pruebas son muy usadas en la hidráulica de captaciones, proporcionando un valor de la permeabilidad media del estrato en estudio. Los métodos existentes para este tipo de pruebas fundamentan su teoría en la observación de los abatimientos del líquido en el pozo en un tiempo determinado, el abatimiento puede ser por bombeo en estratos abajo del nivel freático o por infiltración del líquido en suelos no saturados.

La Tabla 2.3 muestra las normas ASTM para pruebas de permeabilidad en campo y en laboratorio.

Tabla 2.3 Métodos estandarizados por ASTM para pruebas de Permeabilidad en suelos.

Clave	Libro	Nombre de la prueba
D4511	04.08	Conductividad hidráulica de turbas saturadas mediante la prueba de carga constante.
D3385	04.08	Tasa de infiltración de suelos (en campo) utilizando la prueba del infiltrómetro de doble anillo.
D2434	04.08	Permeabilidad de suelos granulares mediante la prueba de carga constante.
D5126	04.09	Comparación de métodos de campo para determinar la conductividad hidráulica en la zona vadosa.
D5084	04.09	Conductividad hidráulica de materiales porosos saturados utilizando la prueba del permeámetro de pared flexible

Fuente: ASTM para pruebas de Permeabilidad en suelos.

La permeabilidad obedece a la variación de diversos factores, que no solo dependen de la estructura del suelo; en la práctica se ha tratado de establecer una correlación entre la granulometría de un material y ésta, siendo muy limitadas las relaciones.

Diversos autores como Hazen, Slichter y Terzagui, han propuesto fórmulas que relacionan la permeabilidad con la estructura del suelo.

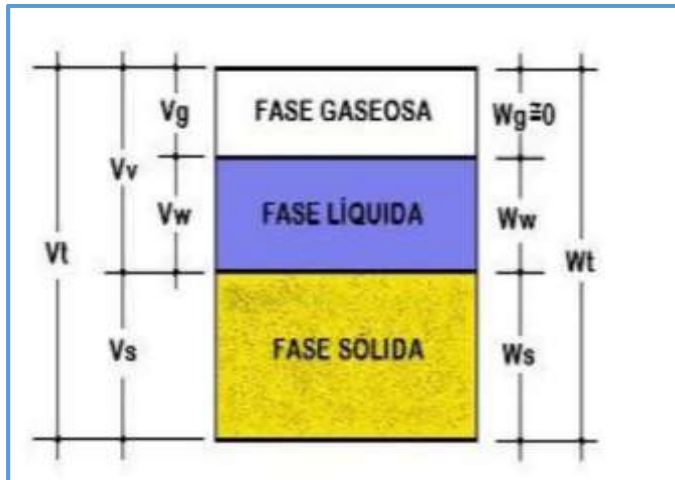
La ecuación de Hazen, por ejemplo: utiliza el ***D10*** como el diámetro que relaciona el tamaño de las partículas con la permeabilidad. Esta relación supone que la distribución de tamaños es suficientemente extensa para evitar que las partículas más pequeñas sean arrastradas por la fuerza de filtración del líquido, es decir el suelo debe poseer “estabilidad hidrodinámica”. Los suelos gruesos uniformes que contienen finos no suelen presentar tal estabilidad. Hazen experimentó con arenas uniformes con diámetro efectivo comprendido entre 0.1 y 3 mm. Slichter tomó en cuenta, además del ***D10***, la temperatura del agua y un coeficiente “***C***” que depende de la porosidad “***n***” del suelo para calcular el coeficiente de permeabilidad “***k***”. Terzaghi, para suelos arenosos, propuso hacer intervenir la porosidad del medio granular “***n***”, pero además hace intervenir la forma de los granos en las arenas y la presencia de limos.

La expresión propuesta por Koseny – Carman tiene relevancia porque además de hacer intervenir la relación de vacíos del suelo y el diámetro representativo de sus partículas, toma en cuenta el peso volumétrico del fluido y su viscosidad

2.6 Porosidad (*n*).

Es una relación, expresada como un porcentaje, entre: a) el volumen de espacios vacíos de un suelo, y b) el volumen total de la muestra. O sea es la probabilidad de encontrar vacíos en el volumen total. Por eso $0 < \eta < 100\%$ (se expresa en %). En un sólido perfecto $\eta = 0$; en el suelo $\eta \neq 0$ y $\eta \neq 100\%$. (*Imagen: 2.4*)

Imagen: 2.4: porosidad.



Fuente: Geotecnia - unidad iv - ing. m.sc. Dante Bosch

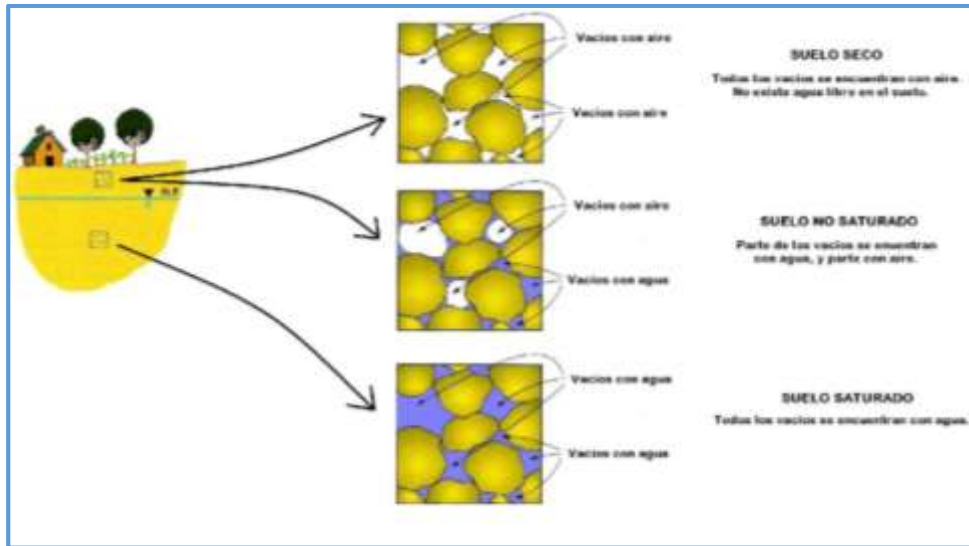
La porosidad se designa con el valor (n) que se muestra en la siguiente ecuación, generalmente se expresa en porcentaje

$$n = \frac{V_v}{V} * 100 \quad (2.5)$$

2.7 Relación de vacíos (e)

La relación de vacío de un suelo es el volumen de suelo no ocupado por partículas sólidas. Cuanto mayor sea la relación de vacío más suelto es el suelo. El aumento de la proporción de huecos del suelo se realiza por el arado. Los organismos tales como los gusanos y las hormigas crean una cantidad significativa de espacio vacío en un suelo. Cuanto mayor sea la relación de vacío de un suelo más agua puede absorberse fácilmente en él. Los suelos con una alta relación de vacío facilitan a las plantas a que crezcan. (Figura 2.5)

Imagen 2.5: relación de vacíos

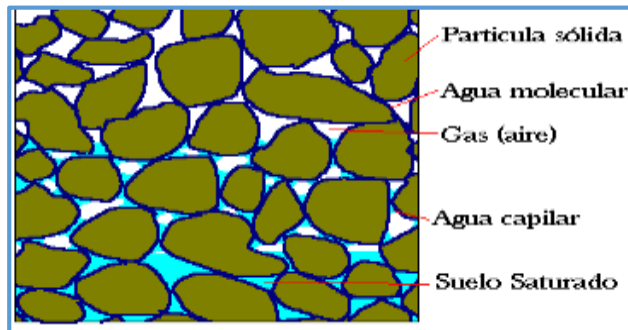


Fuente: Geotecnia - unidad iv - ing. m.sc. Dante Bosch

Se define como la razón del volumen de vacíos al volumen de sólidos y se designa como (e) que se muestra en la siguiente ecuación.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (2.6)$$

Imagen; 2.6: relación de vacíos



Fuente: Geotecnia - unidad iv - ing. m.sc. Dante Bosch

2.8 contenido de humedad

El contenido de agua o humedad es la cantidad de [agua](#) contenida en un material, tal como el [suelo](#) (la humedad del suelo), las [rocas](#), la [cerámica](#) o la [madera](#) medida sobre

la base de análisis volumétricos o gravimétricos. Esta propiedad se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas y se expresa como una proporción que puede ir de 0 (completamente seca) hasta el valor de la [porosidad](#) de los materiales en el punto de saturación.

Imagen: 2.7: contenido de humedad



Fuente: Geotecnia

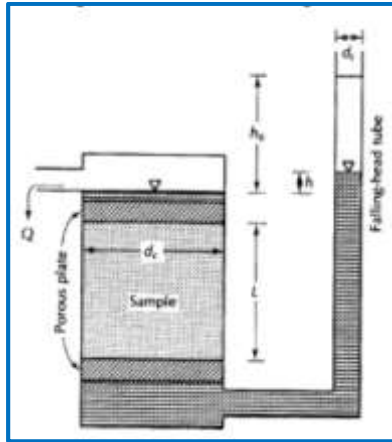
2.9 densidad aparente del suelo.

La densidad aparente se define como el peso de una unidad de volumen de suelo que incluye su espacio poroso. La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo de los suelos (refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire). También es un dato necesario para transformar muchos de los resultados de los análisis de los suelos en el laboratorio (expresados en % en peso) a valores de % en volumen en el campo.

2.10 Permeámetro de Carga Variable

En los ensayos de carga variable, el estanque de carga hidráulica de nivel constante, se reemplaza por un tubo vertical en el cual se produce el descenso del nivel de agua a medida que ésta atraviesa la muestra de suelo, como se muestra en la (Ver Figura 2.8.) Para la determinación de la permeabilidad, se anota el nivel de agua inicial en el tubo, h_1 (para un tiempo arbitrario, t_1). Luego de un período de tiempo, Δt , se mide la nueva posición del agua en el tubo vertical, h_2 . El diámetro interior del tubo, d_t , el área de este, a , la longitud de la muestra, L , el diámetro de la muestra, d_c , así como su área, A , también son conocidos.

Imagen 2.8: permea metro de carga variable



Fuente: Geotecnia - unidad iv - ing. m.sc. Dante Bosch

Para el ensayo a carga variable, la velocidad de caída en el tubo es:

$$v = -\frac{dh}{dt} \quad (2.1)$$

Luego, en el tiempo t , el flujo que entra a la muestra es:

$$q = -a \frac{dh}{dt} \quad (2.2)$$

A partir de la ley de Darcy, en el tiempo t , el flujo que sale es:

$$q = K * i * A = K \frac{h}{l} A \quad (2.3)$$

Debido a la continuidad del flujo, se tiene:

$$qe = -a \frac{dh}{dt} = K \frac{h}{l} A = qs \quad (2.4)$$

Separando variables e integrando para tiempos $t1$ y $t2$ arbitrarios:

$$-a \int \frac{dh}{h} = K \frac{A}{l} \int dt \quad (2.5)$$

Obtenemos:

$$q = \frac{a * L}{A * \Delta t} \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (2.6)$$

Donde:

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$

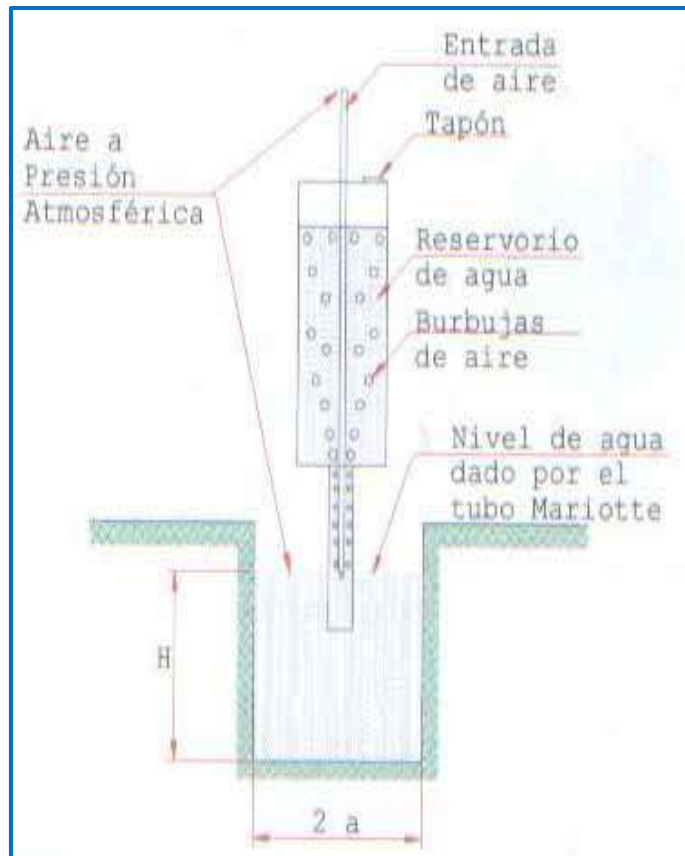
Este tipo de ensayos suele ser utilizado para suelos cohesivos, ya que en éstos el flujo es bajo, y es posible medir la diferencia de alturas en el tubo de carga hidráulica si se tiene un diámetro adecuado.

2.11. Permeámetro de guelph (in situ)

Para el desarrollo de esta experiencia se utilizará el método del pozo o agujero de nivel constante. El método consiste en excavar un agujero cilíndrico de radio y profundidad constante, en el cual se realizan ensayos de infiltración manteniendo la altura del agua dentro del agujero constante, lo que permite obtener K_{fs} a partir de la relación entre el caudal infiltrado y el nivel de agua en el agujero. Para mantener el nivel constante, se utiliza el principio de Mariotte, y el equipo más utilizado para esto es conocido como Permeámetro de Guelph.

El Permeámetro de Guelph (Universidad de Guelph, Reynolds et al. 1985) consta básicamente de dos tubos (*Ver Figura 2.9*) uno que actúa como depósito de agua y otro de menores dimensiones que se pone en contacto con el suelo y lleva acoplado un sistema que permite mantener la carga hidráulica constante (tubo Mariotte).

Imagen 2.9: permea metro de guelph basado en el tubo de Mariotte.



Por lo tanto, el nivel de agua del agujero será igual a la posición del extremo inferior del tubo de Mariotte.

Cuando el permeámetro se encuentra instalado, el nivel del agua dentro de los tubos comienza a descender producto de la infiltración del agua en el suelo, lo que permite determinar la tasa o velocidad de infiltración gracias a que el equipo cuenta con una escala en (cm) para medir el nivel de agua dentro del reservorio. La tasa de infiltración normalmente varía en el tiempo, debido a las características del flujo en un suelo no saturado (se van llenando gradualmente los poros con agua). De manera que la cantidad de medidas de la tasa que habrá que realizar dependerá de cuán rápido se alcance un régimen permanente. Se considerará que el régimen permanente será alcanzado cuando existan al menos 3 o 4 lecturas sucesivas iguales.

El procedimiento se debe realizar para 2 alturas de agua distintas en el agujero obteniendo para cada una de ellas un conjunto de valores "K" mediante los modelos de Glover, Laplace y Reynolds y Elrick

Imagen 2.10: Construcción Agujero de infiltración.



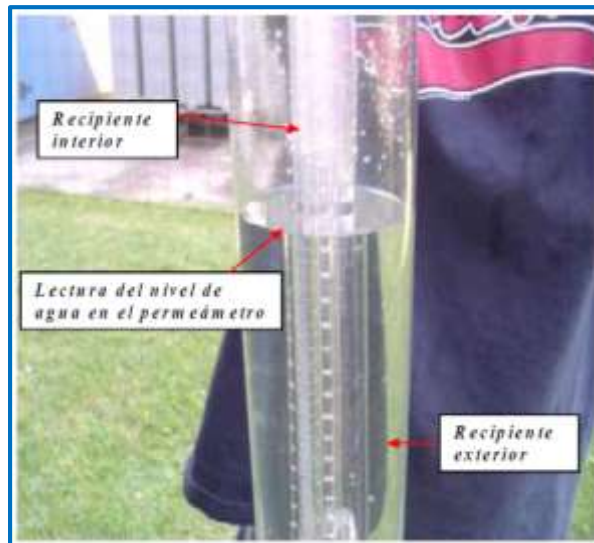
Fuente: Elaboración propia

Imagen 2.11: Instalación y llenado del Permeámetro.



Fuente: Elaboración propia

Imagen: 2.12: Nivel de agua dentro del Permeámetro.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

‘DESARROLLO EXPERIMENTAL’

3.1 Introducción.

La medición de la permeabilidad se realizó, tanto in situ como en laboratorio, empleando muestras inalteradas de suelo.

Para las pruebas de laboratorio se diseñó y construyó un permeámetro de carga variable y una capsula toma muestras que permite extraer muestras inalteradas de suelo, se realizó los ensayos de permeabilidad in situ y laboratorio viendo todos los factores que hacen variar al coeficiente ‘k’.

Los suelos estudiados corresponden al departamento de Tarija provincia cercado.

3.2. Características de los materiales en estudio.

En las zonas de estudio de la provincia cercado se pudo constatar y encontrar que los suelos de los barrios, son lugares de alta susceptibilidad a la erosión donde a simple vista se pudo comprobar que el material predominante y características son los suelos finos.

3.2.1 Descripción y ubicación de los suelos estudiados.

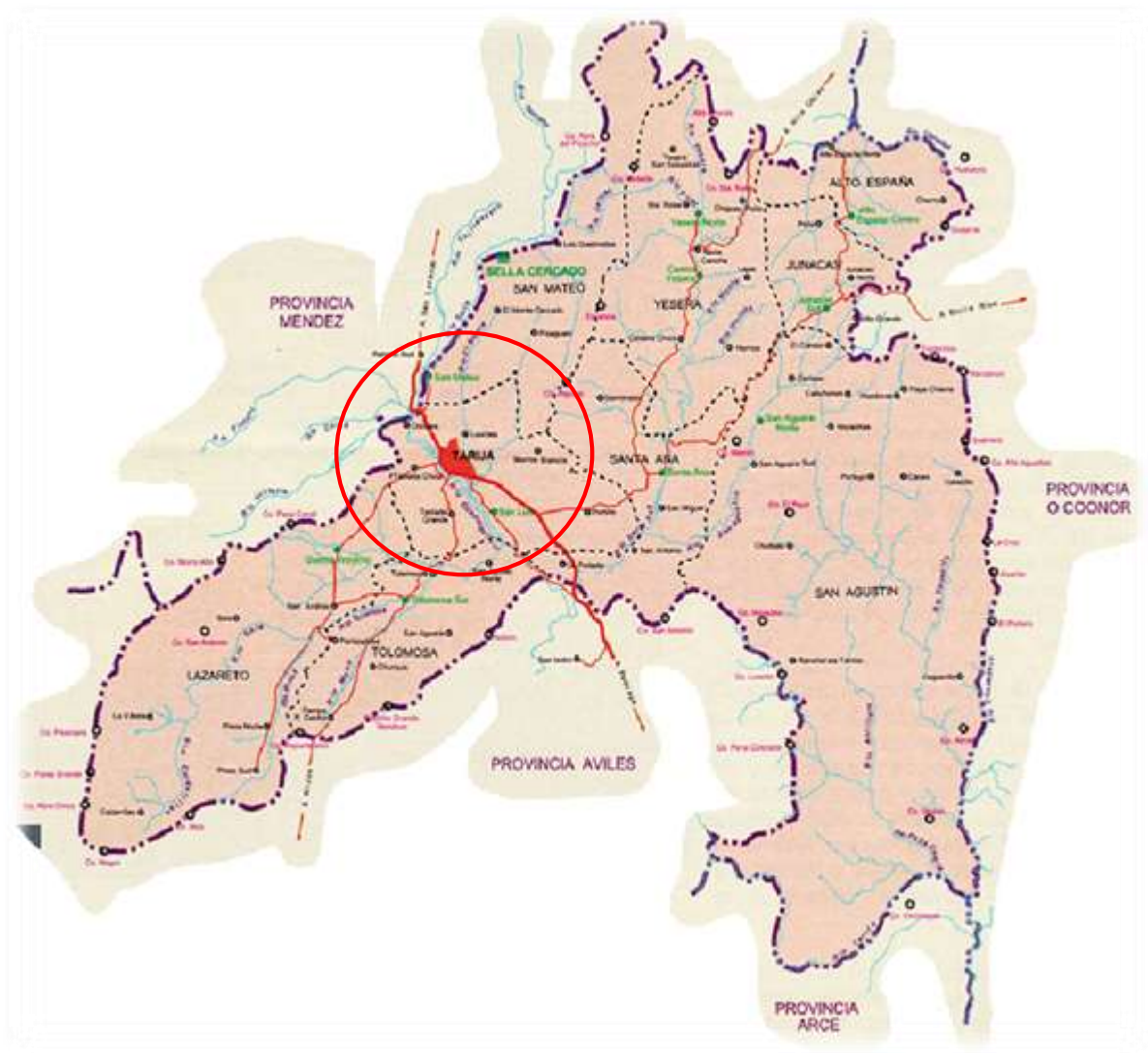
En los barrios de estudio se encuentran diferentes tipos de suelo como ser ‘‘Limos inorgánicos micáceos o diatomáceos limos elásticos’’, ‘‘arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcilla franca’’, ‘‘limos inorgánicos arenosos y arcillosos ligeramente plásticos ‘y ‘‘Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad’’. (Figura 3.1.) Se muestra la ubicación de los Sitios estudiados

Imagen 3.1 Mapa político de Tarija



Fuente: mapa político de Bolivia

Imagen 3.1 Mapa provincia cercado



Fuente: mapa político de Bolivia.

Los lugares de ensayo y recolección de las muestras para nuestra caracterización e investigación fueron en los siguientes barrios: Luis de fuentes, Senac, San Martín, Panamericano, Carlos Wanner, la Pampa, San Luis, 3 de mayo, mira flores, Pedro Antonio flores, Lurdes, san Blas, Morros Blancos, junacas, Defensores del Chaco, Moto Méndez, el Tejar, el Portillo, Bartolomé Attar, la Florida, Villa Busch, Gallinazo, los Chapacos, 2 de Mayo, IV Centenario, 4 de julio, Catedral, Aniceto Arce, palmarcito y Luis Espinal.

Fotos satelitales Google Earth de los barrios de extracción

Fuente: foto satelital Google Earth.

Imagen: 3.4: Barrios de extracción de muestras de la prov. Cercado del dep. Tarija



Fuente: foto satelital Google Earth.

Imagen: 3.5: Barrios de extracción de muestras de la prov. Cercado del dep. Tarija



Fuente: foto satelital Google Earth.

Imagen: 3.6: Barrios de extracción de muestras de la prov. Cercado del dep. Tarija



Fuente: foto satelital Google Earth.

3.2.2 Coordenadas de los lugares de estudio

tabla: 3,1:coordenadas de los barrios de eestudio

BARRIOS	COODENADAS	
	LATITUD "S"	LONGITUD "W"
La pampa	21'32'3,20"	64'43'12,02"
gallinazo	21'43'40,43"	64'44'15,13"
catedral	21'32'44,17"	64'45'6,59"
portillo	21'31'33,62"	64'45'6,58"
villa busch	21'32'34,92"	64'44'4,63"
morros blancos	21'32'44,63"	64'42'0,11"
san martin	21'32'2,4"	64'44'37,83"
moto mendez	21'32'53,34"	64'42'30,5"
san blas	21'33'38,61"	64'43'20,12"
los chapacos	24'30'19,69"	64'44'22,96"
2 de mayo	21'31'41,34"	64'43'34,39"
defensores del chaco	21'30'58,35"	64'44'11,6"
luis de fuentes	21'32'34,19"	64'44'16,83"
san luis	21'33'55,61"	64'42'4,46"
aniceto arce	21'32'11,99"	64'43'6,62"
el tejar	21'32'51,2628"	64'43'22,47"
senac	21'32'21,92"	64'44'46,49"
IV centenario	21'31'28"	64'44'5,82"
mira flores	21'33'6,98"	64'43'46,45"
carlos wanner	21'30'15,30"	64'45'9,24"
luis espinal	21'31'38,03"	64'42'34,29"
pedro antonio flores	21'31'34,91"	64'42'52,72"
florida	21'30'57,04"	64'43'43,85"
bartolome attar	21'32'6,88"	64'42'17,22"
4 de julio	21'31'19,87"	64'44'2,74"
3 de mayo	21'36'17,15"	64'43'46,84"
palmarcito	21'32'15,23"	64'42'59,65"
lurdes	21'30'56,16"	64'43'30,49"

Fuente:Elaboracion Propia

3.3 Criterios de selección de Muestras

Específicamente el estudio del suelo con el que se trabajara, mediante la ejecución de pruebas de laboratorio que permitan determinar sus características y propiedades; pero, alcanzar resultados razonablemente dignos de crédito, es preciso cumplir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible: La obtención de las muestras de suelo apropiadas para la realización de las correspondientes pruebas de laboratorio.

Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Se dice que una muestra es:

Alterada, cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede y se recolecta a medida que se va realizando el muestreo, e **Inalterada**, es aquella muestra que preserva, en la medida de lo posible, la estructura y el contenido de humedad para que represente realmente las condiciones de campo.

Para este trabajo de Proyecto de Grado, las muestras con las que se trabajó son de tipo alterada o perturbada e inalteras para realizar la permeabilidad en laboratorio.

Las muestras para ser llevadas al laboratorio fueron extraídas de los barrios de la provincia cercado del departamento de Tarija.

3.3.1. Toma de Muestras

El objetivo es realizar la extracción o muestreo adecuado y representativo para poder determinar de forma correcta las características y propiedades del suelo y materiales granulares mediante ensayos de laboratorio.

3.3.1.1. Equipo Utilizado

El material utilizado para la extracción de las muestras es el siguiente:

- Pico
- Pala
- Bolsas.

3.3.1.2. Procedimiento de Extracción de la Muestra

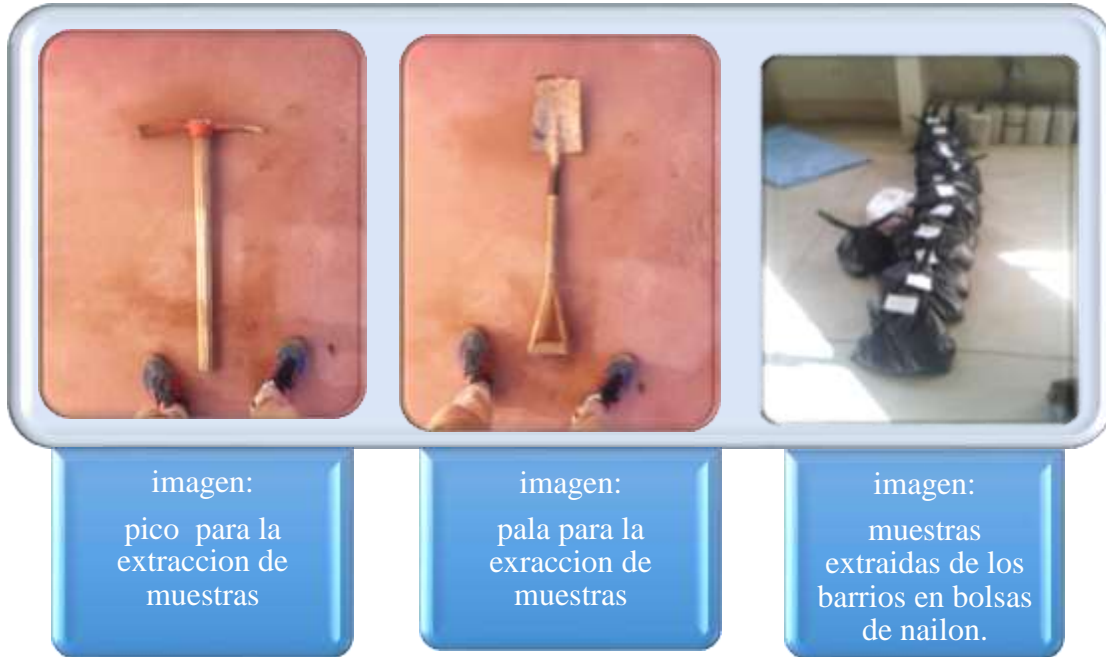
El procedimiento para la obtención de muestras para el caso de cortes, es el que se describe a continuación:

- Se retira la capa de despilme superficial limpiando el lugar de extracción y se evita, de esta manera, que el suelo recolectado sufra alguna mezcla.
- Se quita el material seco y o suelto para dejar una superficie limpia de donde se pueda obtener la muestra.
- Se excava en forma de canales verticales de sección más o menos uniforme desde la parte superior hasta el fondo.
- Se recoge todo el material excavado, se coloca en una bolsa con su etiqueta de identificación para posteriormente llevarlo al laboratorio

Para las muestras en donde no había corte, el procedimiento a seguir es:

Se debe excavar un hueco de profundidad de 50 cm, a partir de éste nivel extraer la muestra y colocarlo en una bolsa con su etiqueta de identificación para posteriormente llevarlo al laboratorio.

Imagen: 3.7: materiales utilizados para la extracción de muestra



Fuente: Elaboración propia

Imagen: 3.8: Esquema de la extracción de muestra



Fuente: Elaboración propia

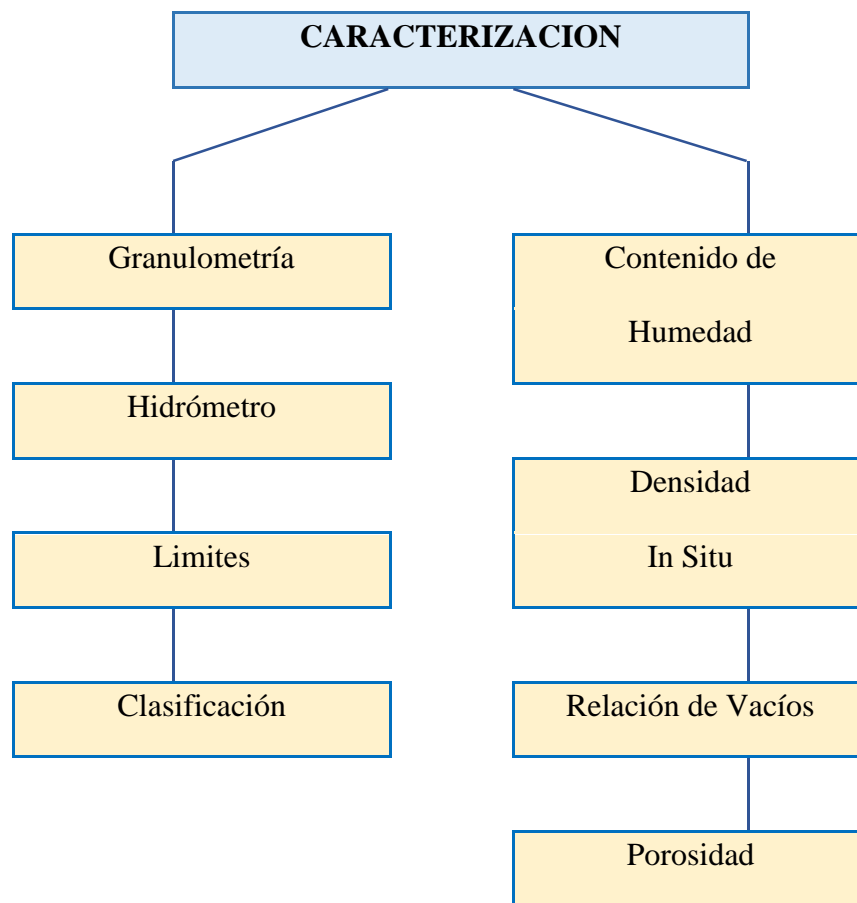
Imagen: 3.9: Esquema de la extracción de muestra



Fuente: Elaboración propia

3.4. Caracterización de los suelos.

Con las muestras obtenidas de la extracción, se llevaron a cabo los ensayos de caracterización.



3.4.1. ENSAYO GRANULOMÉTRICO

(DOCUMENTO REFERENCIAL ASTM D422 – AASHTO T88)

Introducción:

El proceso de separar un agregado de suelo en sus diferentes fracciones cada una consistente en granos de tamaños distintos, dentro de ciertos límites se conoce como análisis mecánico o análisis granulométrico.

Por medio del análisis granulométrico se ha encontrado que la mayoría de los suelos naturales contienen granos de 2 o más fracciones.

3.4.1.1. Objetivo

- Este ensayo tiene por objeto determinar la granulometría de los agregados hasta el tamiz #200, mediante su división y separación con una serie de tamices en fracciones granulométricas de tamaño decreciente.

Imagen 3.10: Esquema de la práctica granulometría



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTA DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE ING. CIVIL
RESUMEN DE RESULTADOS

Proyecto: 'Análisis Comparativo de Permeabilidad
In Situ y Laboratorio'

tabla:3,2: resumen granulometrico

GRANULOMETRIA				
BARRIOS	% que pasa del del total N°4	% que pasa del del total N°10	% que pasa del del total N°40	% que pasa del del total N°200
luis de fuentes	100	99,99	99,93	99,38
senac	100	99,91	99,61	98,67
san martin	100	99,98	99,85	97,29
panamericano	100	100	99,83	87,22
carlos wanner	100	100	99,87	98,15
la pampa	100	100	99,78	99,45
san luis	100	100	99,42	96,48
3 de mayo	100	100	99,17	97,14
mira flores	100	100	98,12	94,02
p. antonio flores	100	100	99,47	99,01
lurdes	100	100	99,77	98,82
san blas	100	100	99,97	99,05
morros blancos	100	100	100	99,32
def. del chaco	100	100	99,98	99,06
moto mendez	100	100	99,99	99,84
el tejar	100	99,99	99,96	99,36
junacas	100	98,96	96,49	88,61
portillo	100	100	99,98	95,5
bartolome attar	100	100	99,62	97
florida	99,23	98,24	97,06	96,67
villa busch	99,52	95,9	93,13	93,3
gallinazo	100	100	99,4	77,9
los chapacos	88,87	99,34	98,01	73,7
2 de mayo	100	100	99,36	69,09
IV centenario	100	100	99,7	99,48
4 de julio	100	100	99,99	98,94
catedral	100	100	100	99,87
aniceto arce	100	100	99,86	99,53
palmarcito	100	99,03	93,83	81,83
luis espinal	100	99,76	99,01	98,59

Fuente: Elaboracion Propia

3.4.2. ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO (DOCUMENTO REFERENCIAL ASTM D422)

Introducción:

El análisis hidrométrico se basa a la ley de Stokes la cual relaciona la velocidad de una esfera, cayendo libremente a través de un fluido, con el diámetro de la esfera.

Se asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños.

El hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas suelos dispersos, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo, para ensayos de rutina con fines de clasificación, el análisis con hidrómetro se aplica a partículas de suelo que para el tamiz de 2.00 mm (N° 10) para suelos granulares.

Cuando se quiere más precisión el análisis del hidrómetro se debe realizar a la fracción del suelo que pase en el tamiz de 75 mm (N° 200) para suelos finos.

3.4.2.1. Objetivo

- Determinar la distribución granulométrica del material que pasa el tamiz

(N° 200), basándose a la relación de velocidad de una esfera que cae libremente a través de un fluido y su diámetro

- Establecer el (%) de limo y de arcilla de una muestra de suelo

Imagen 3.11: Esquema de la práctica



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
RESUMEN DE RESULTADOS

Proyecto: 'Análisis Comparativo de Permeabilidad
In situ y Laboratorio'

tabla:3,3: resumen Hidrometro

HIDROMETRO			
BARRIOS	PESO ESPECIFICO	ARCILLAS	LIMO
	RELATIVO	(%)	(%)
luis de fuentes	2,72	21,06	78,32
senac	2,73	12,76	85,91
san martin	2,74	11081	85,48
panamericano	2,67	6016	81,06
carlos wanner	2,7	9,08	89,07
la pampa	2,71	18,06	81,39
san luis	2,77	8,07	88,41
3 de mayo	2,71	11,05	86,09
mira flores	2,7	15,03	78,99
p. antonio flores	2,71	8,48	90,53
lurdes	2,7	14,31	84,51
san blas	2,69	10,93	88,12
morros blancos	2,67	11,45	87,87
def. del chaco	2,7	18,24	80,82
moto mendez	2,7	29,07	70,77
el tejar	2,68	10,67	88,75
junacas	2,7	5,57	83,04
portillo	2,7	3,39	92,11
bartolome attar	2,7	13,76	83,24
florida	2,79	18,29	78,38
villa busch	2,69	4,46	58,84
gallinazo	2,73	6,92	70,98
los chapacos	2,72	4,02	69,68
2 de mayo	2,73	4,88	64,21
IV centenario	2,77	15,27	84,21
4 de julio	2,69	12,77	86,17
catedral	2,71	29,73	70,14
aniceto arce	2,7	25,04	74,49
palmarcito	2,68	4,18	77,65
luis espinal	2,69	27,64	51,21

Fuente: Elaboracion Propia

3.4.3. ENSAYO DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

(DOCUMENTO REFERENCIAL ASTM D4318 AASHTO T89)

Introducción:

El límite Líquido, es la humedad, expresada como porcentaje de la masa de suelo seco en horno, de un suelo remodelado en el límite entre los estados líquido y plástico. Corresponde a la humedad necesaria para que una muestra de suelo remodelada, depositada en la taza de bronce de la máquina Casagrande y dividida en dos porciones simétricas separadas 2 mm entre sí, fluya y entren en contacto en una longitud de 10 mm, aplicando 25 golpes.

3.4.3.1. Objetivo

- Este método establece el procedimiento para determinar el límite líquido de los suelos, mediante la máquina Casagrande. Estos datos son necesarios para realizar la clasificación ‘‘SUCS’’ y ‘‘AASHTO’’ de los sitios estudiados.

Imagen 3.12: Esquema de la practica



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

3.4.4. ENSAYO DEL LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

(DOCUMENTO REFERENCIAL ASTM D4318 AASHTO T90)

Introducción:

Límite Plástico

Humedad expresada como porcentaje de la masa de suelo seco en horno, de un suelo re moldeado en el límite entre los estados plástico y semisólido. Corresponde a la humedad necesaria para que bastones cilíndricos de suelo de 3mm de diámetro se disgreguen en trozos de 0,5a 1cm. de largo y no puedan ser re amasados ni reconstituidos.

3.4.4.1. Objetivo

- Este método establece el procedimiento para determinar el Límite Plástico y el Índice de Plasticidad de los suelos. Estos datos son necesarios para realizar la clasificación ‘‘SUCS’’ y ‘‘AASHTO’’ de los sitios estudiados.

Imagen 3.13: Esquema de la practica



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
RESUMEN DE RESULTADOS

Proyecto: 'Análisis Comparativo de Permeabilidad
In Situ y Laboratorio'

tabla:3,4: resumen de resultados de los limites

BARRIOS	LIMITES		
	LL	LP	IP
luis de fuentes	59	33	26
senac	54	28	26
san martin	54	25	29
panamericano	30	27	3
carlos wanner	43	26	17
la pampa	53	31	22
san luis	31	21	10
3 de mayo	42	31	11
mira flores	43	25	18
p. antonio flores	32	23	9
lurdes	52	32	20
san blas	33	21	12
morros blancos	49	27	22
def. del chaco	53	31	22
moto mendez	53	32	21
el tejar	37	27	10
junacas	41	26	15
portillo	24	Np	Np
bartolome attar	41	25	15
florida	65	31	34
villa busch	21	16	5
gallinazo	39	16	23
los chapacos	34	25	9
2 de mayo	22	14	8
IV centenario	53	34	19
4 de julio	46	31	15
catedral	55	31	24
aniceto arce	53	30	23
palmarcito	20	13	7
luis espinal	54	31	23

Fuente: Elaboracion Propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
RESUMEN DE RESULTADOS

Proyecto: 'Análisis Comparativo de Permeabilidad
In Situ y Laboratorio'

tabla:3,5: resumen de resultados de clasificacion

CLASIFICACION Y DESCRIPCION			
BARRIOS	SUCS	AASHTO	DESCRIPCION
luis de fuentes	MH	A-7-5(15)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
senac	CH	A-7-5(17)	arcillas inorganicas de alta plasticidad, arcillas francas
san martin	CH	A-7-6(18)	arcillas inorganicas de alta plasticidad, arcillas francas
panamericano	ML	A-4(8)	limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos
carlos wanner	CL	A-7-6(11)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
la pampa	MH	A-7-5(15)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
san luis	CL	A-4(8)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
3 de mayo	ML	A-7-5(9)	limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos
mira flores	CL	A-7-5(15)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
p. antonio flores	CL	A-4(8)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
lurdes	MH	A-7-5(15)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
san blas	CL	A-6(9)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
morros blancos	CL	A-4(8)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
def. del chaco	MH	A-7-5(15)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
moto mendez	MH	A-7-5(15)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
el tejar	ML	A-4(8)	limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos
junacas	CL	A-7-6(10)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
portillo	ML	A-4(8)	limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos
bartolome attar	CL	A-7-6(11)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
florida	CH	A-7-5(20)	arcillas inorganicas de alta plasticidad, arcillas francas
villa busch	CL-ML	A-4(6)	arcillas inorganicas de baja y media plasticidad, limosas
gallinazo	CL	A-7-6(13)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
los chapacos	ML	A-4(8)	limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos
2 de mayo	CL	A-4(7)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
IV centenario	MH	A-7-5(14)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
4 de julio	ML	A-7-5(11)	limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos
catedral	MH	A-7-5(17)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
aniceto arce	MH	A-7-5(16)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos
palmarcito	CL	A-4(8)	arcillas inorganicas de baja a media plasticidad
luis espinal	MH	A-7-5(16)	Limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, liomos elasticos

Fuente: Elaboracion Propia

3.4.5. ENSAYO DENSIDAD IN SITU MÉTODO CONO DE ARENA

(DOCUMENTO REFERENCIAL ASTM D1556 – AASHTO T191)

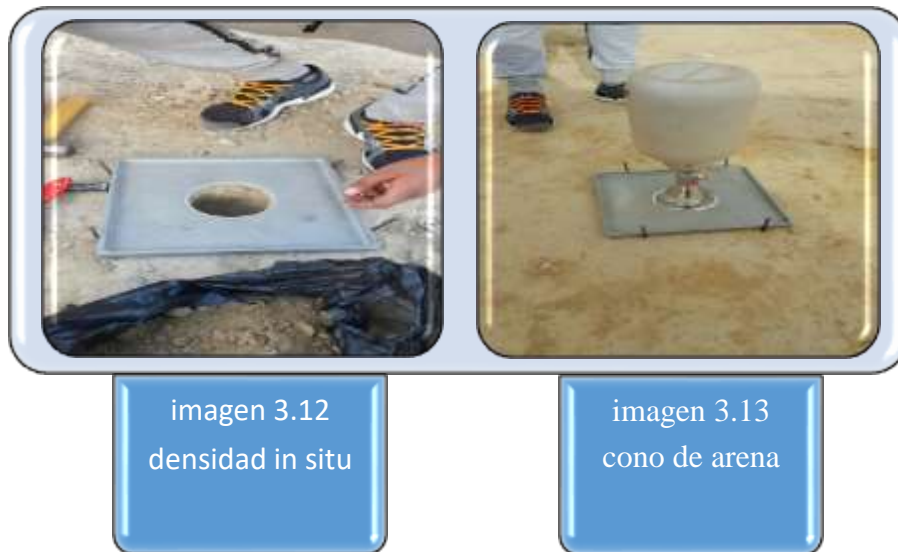
Introducción:

El lograr conocer la densidad que posee un suelo en terreno o en su estado natural La expresión “densidad in situ” es referida a la medida de la densidad en el terreno, la misma que puede realizarse al extraer una muestra de capa compactada y midiendo el volumen del hueco dejado por el material extraído en su estado natural.

3.4.5.1. Objetivo

- El objetivo de la siguiente práctica es determinar la densidad y humedad en el sitio de un suelo natural, a través del uso del equipo calibrado y arena con densidad conocida

Imagen: 3.14: Esquema de la práctica



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

3.4.6. ENSAYO DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE (HUMEDAD) DE SUELO (DOCUMENTO REFERENCIAL ASTM D2216)

Introducción:

El contenido de humedad o más comúnmente la humedad de la muestra, es la relación entre el peso del agua contenido en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada en el horno. Este método es el más eficaz, su demora es de aproximadamente de 24 horas y, la muestra a secar en horno, se realiza a una temperatura de 105 °C y 110 °C.

3.3.6.1. Objetivo

- Este método cubre la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo.
- El contenido de agua del material se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre", en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material.

Imagen: 3.15: Esquema de la muestra



imagen 3.14
muestra para el
ensayo

images 3.15
pesando la
muestra humeda

Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
RESUMEN DE RESULTADOS

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
tabla :3.6:densidad, relacion de vacios, porosidad y contenido de humedad

BARRIOS	D. IN SITU (gr/cm³)	VACIOS e	POROSIDAD n: (%)	CONTENIDO HUMEDAD (%)
luis de fuentes	1,722	0,14	12,311	5,2
senac	1,479	0,0486	4,6347	1,8
san martin	1,501	0,1026	9,3052	3,8
panamericano	1,584	0,0864	7,9528	3,2
carlos wanner	1,689	0,108	9,747	4
la pampa	1,69	0,0864	7,952	3,2
san luis	1,859	0,162	13,941	6
3 de mayo	1,581	0,1026	9,305	3,8
mira flores	1,616	0,1566	13,59	5,8
p. antonio flores	1,678	0,054	5,123	2
lurdes	1,499	0,135	11,89	5
san blas	1,504	0,1134	10,18	4,2
morros blancos	1,483	0,054	5,123	2
def. del chaco	1,654	0,081	7,493	3
moto mendez	1,655	0,0702	6,559	2,6
el tejtar	1,522	0,189	15,89	7
junacas	1,785	0,1512	13,134	5,6
portillo	1,474	0,1134	10,185	4,2
bartolome attar	1,691	0,0648	6,085	2,4
florida	1,605	0,1404	12,311	5,2
villa busch	1,6	0,0918	8,408	3,4
gallinazo	1,866	0,081	7,493	3
los chapacos	1,726	0,0648	6,085	2,4
2 de mayo	1,572	0,1134	10,18	4,2
IV centenario	1,665	0,0702	6,5595	2,6
4 de julio	1,671	0,054	5,12334	2
catedral	1,61	0,1404	12,3114	5,2
aniceto arce	1,549	0,1026	9,305	3,8
palmarcito	1,551	0,135	11,894	5
luis espinal	1,614	0,0648	6,085	2,4

Fuente:Elaboracion Propia

3.4.7. ENSAYO MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD “IN SITU”. (PERMEAMETRO DE GUELPH)

Introducción:

Determinación del caudal infiltrado en el suelo mediante la teoría del pozo o agujero de nivel constante.

3.4.7.1. Objetivos

- Aprender a utilizar equipos como el Permeámetro Guelph, que permiten determinar la conductividad hidráulica en terreno.
- Determinar caudales de infiltración para un suelo en régimen permanente, mediante la metodología del pozo o agujero de nivel constante.
- Con los datos obtenidos en terreno, determinar la conductividad hidráulica utilizando los modelos analíticos que representan el flujo a través de un agujero de infiltración en régimen permanente.

Imagen: 3.16: Esquema de la práctica



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

3.4.8. ENSAYO MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD “EN LABORATORIO” (PERMEAMETRO DE CARGA VARIABLE)

Introducción:

Pensando en las condiciones en que se encuentra el suelo en campo y la estructura de lo que debe ser un permeámetro, se diseñó uno para sacar muestras inalteradas, posteriormente se le hicieron modificaciones para añadir cera e impedir que los fluidos corrieran a través de la pared y la muestra, principalmente cuando éstos son arenosos o limosos.

3.4.8.1. Objetivos

- Obtener el coeficiente de permeabilidad “K” el laboratorio.
- Sustraer la muestra de ensayo procurando conservar su estado natural.
- Calcular el coeficiente “K” con él la ecuación de (DARCY)

Imagen: 3.17: Esquema de la práctica



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTA DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE ING. CIVIL
RESUMEN DE RESULTADOS

Proyecto: 'Análisis Comparativo de Permeabilidad
 In Situ y Laboratorio"

tabla:3.7:("K" In Situ) y ("K" Laboratorio)

PERMEABILIDADES "K"				
BARRIOS	SUCS	AASHTO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)
luis de fuentes	MH	A-7-5(15)	9,22912E-06	0,00012225
senac	CH	A-7-5(17)	3,81731E-06	2,107E-05
san martin	CH	A-7-6(18)	8,30672E-06	7,41225E-05
panamericano	ML	A-4(8)	5,31912E-06	6,39732E-05
carlos wanner	CL	A-7-6(11)	4,89943E-06	6,15136E-05
la pampa	MH	A-7-5(15)	4,41694E-06	9,04168E-05
san luis	CL	A-4(8)	5,8016E-06	8,05693E-05
3 de mayo	ML	A-7-5(9)	7,20824E-06	5,85982E-05
mira flores	CL	A-7-5(15)	3,85598E-06	5,7371E-05
p. antonio flores	CL	A-4(8)	6,58375E-06	0,000102179
lurdes	MH	A-7-5(15)	4,84984E-06	4,83856E-05
san blas	CL	A-6(9)	5,62785E-06	8,32155E-05
morros blancos	CL	A-4(8)	8,83067E-06	0,000137313
def. del chaco	MH	A-7-5(15)	6,50228E-06	0,000113647
moto mendez	MH	A-7-5(15)	8,36051E-06	0,000143039
el tejar	ML	A-4(8)	8,00019E-06	6,08104E-05
junacas	CL	A-7-6(10)	8,44143E-06	0,000136646
portillo	ML	A-4(8)	2,55304E-06	2,72297E-05
bartolome attar	CL	A-7-6(11)	4,86128E-06	5,43758E-05
florida	CH	A-7-5(20)	5,89613E-06	5,55679E-05
villa busch	CL-ML	A-4(6)	3,26234E-05	0,000135609
gallinazo	CL	A-7-6(13)	7,07969E-06	0,000110142
los chapacos	ML	A-4(8)	1,06213E-05	0,000122858
2 de mayo	CL	A-4(7)	9,21087E-06	0,000177398
IV centenario	MH	A-7-5(14)	5,57393E-06	4,93704E-05
4 de julio	ML	A-7-5(11)	7,69118E-06	5,77815E-05
catedral	MH	A-7-5(17)	3,67186E-06	5,62047E-05
aniceto arce	MH	A-7-5(16)	3,56806E-06	5,37586E-05
palmarcito	CL	A-4(8)	5,78531E-06	6,95104E-05
luis espinal	MH	A-7-5(16)	1,97735E-06	4,1554E-05

Fuente: Elaboracion Propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
TABLAS CON DATOS FINALES

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"

Clasificacion: "MH"

Descripcion: limos inorganicos,micaceos o diatomaceos, limos elasticos

tabla:3,8: tabla con datos finales

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "MH"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)	D. I (gr/cm³)	R. V.	POR. (%)	CONT. H. (%)	ARCILLAS (%)	LIMOS (%)
luis de fuentes:	9,22912E-06	0,000166185	1,722	0,14	12,311	5,2	21,06	78,32
la pampa:	4,41694E-06	9,04168E-05	1,69	0,0864	7,952	3,2	18,06	81,39
lurdes:	5,28268E-06	4,83856E-05	1,499	0,135	11,89	5	14,31	84,51
d. del chaco:	6,50228E-06	0,000113647	1,654	0,081	7,493	3	18,24	80,82
moto mendez:	8,41817E-06	0,000143039	1,655	0,0702	6,559	2,6	29,07	70,77
IV centenario:	5,57393E-06	4,93704E-05	1,665	0,0702	6,5595	2,6	15,27	84,21
catedral:	3,67186E-06	5,62047E-05	1,61	0,1404	12,3114	5,2	29,73	70,14
aniceto arce:	3,56806E-06	5,37586E-05	1,549	0,1026	9,305	3,8	25,04	74,49
luis espinal:	1,97735E-06	4,1554E-05	1,614	0,0648	6,085	2,4	27,64	51,21

Fuente:Elaboracion propia

D.I.= densidad in situ
R.V.= relacion de vacios
POR.= porosidad
CONT.H.= contenido de humedad
'K' IN SITU= permeabilidad en campo
'K' LAB.= permeabilidad en laboratorio

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
TABLAS CON DATOS FINALES

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
 Clasificacion: "ML"
 Descripcion: limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos

tabla:3.9: tabla con datos finales

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "ML"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)	D. I. (gr/cm³)	R. V.	POR. (%)	CONT. H. (%)	ARCILLAS (%)	LIMOS (%)
panamerican	5,31912E-06	6,3973E-05	1,584	0,0864	7,9528	3,2	60,16	81,06
3 de mayo:	7,20824E-06	5,8598E-05	1,581	0,1026	9,305	3,8	11,05	86,09
el tejar:	8,00019E-06	6,081E-05	1,532	0,189	15,89	7	10,67	88,75
portillos:	2,55304E-06	2,723E-05	1,474	0,1134	10,185	4,2	3,39	92,11
chapacos:	1,06213E-05	0,00012286	1,726	0,0648	6,085	2,4	4,02	69,68
4 de julio:	7,69118E-06	5,7782E-05	1,671	0,054	5,1233	2	12,77	86,17

Fuente:Elaboracion propia

D.I.= densidad in situ
R.V.= relacion de vacios
POR.= porosidad
CONT.H.= contenido de humedad
'K' IN SITU= permeabilidad en campo
'K' LAB.= permeabilidad en laboratorio

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
TABLAS CON DATOS FINALES

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
 Clasificacion: "CH"
 Descripcion: arcillas inorganica de alta plastcidad , arcilla franca

tabla: 3.17:tabla con datos finales

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "CH"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU	'K' LAB.	D. I	R. V.	POR.	CONT. H.	ARCILLAS	LIMOS
	(cm/s)	(cm/s)	(gr/cm ³)		(%)	(%)	(%)	(%)
senac:	3,81731E-06	2,107E-05	1,479	0,0486	4,6347	1,8	12,76	85,91
san martin:	8,30672E-06	9,4809E-05	1,501	0,1026	9,3052	3,8	11,081	85,48
florida:	5,89613E-06	5,7939E-05	1,605	0,1404	12,311	5,2	18,29	78,38

Fuente:Elaboracion propia

D.I.= densidad in situ
R.V.= relacion de vacios
POR.= porosidad
CONT.H.= contenido de humedad
'K' IN SITU= permeabilidad en campo
'K' LAB.= permeabilidad en laboratorio

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
TABLAS CON DATOS FINALES

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
 Clasificacion: "CL"
 Descripcion: arcillas inorganica de baja a media plasticidad

tabla:3.11:tabla con datos finales

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "CL"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)	D. I. (gr/cm³)	R. V.	POR. (%)	CONT. H. (%)	ARCILLAS (%)	LIMOS (%)
carl. wanner:	4,89943E-06	6,1514E-05	1,689	0,108	9,747	4	9,08	89,07
san luis:	5,8016E-06	8,0569E-05	1,859	0,162	13,941	6	8,07	88,41
mira flores:	3,85598E-06	5,7371E-05	1,616	0,1566	13,59	5,8	15,03	78,99
p. ant. flores:	6,58375E-06	0,00010218	1,678	0,054	5,123	2	8,48	90,53
san blas:	5,62785E-06	8,3216E-05	1,504	0,1134	10,18	4,2	10,93	88,12
m. blancos:	8,83067E-06	0,00013731	1,483	0,054	5,123	2	11,45	87,87
junacas:	8,44143E-06	0,00013665	1,785	0,1512	13,134	5,6	5,57	83,04
bart. attar:	4,86128E-06	5,4376E-05	1,691	0,0648	6,085	2,4	13,76	83,24
gallinazo:	7,07969E-06	0,00011014	1,866	0,081	7,493	3	6,92	70,98
2 de mayo:	9,21087E-06	0,0001774	1,572	0,1134	10,18	4,2	4,88	64,21
palmarcito:	5,78531E-06	6,951E-05	1,551	0,135	11,894	5	4,18	77,65

Fuente:Elaboracion propia

D.I.= densidad in situ
R.V.= relacion de vacios
POR.= porosidad
CONT.H.= contenido de humedad
'K' IN SITU= permeabilidad en campo
'K' LAB.= permeabilidad en laboratorio

CAPITULO IV

ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS

4.1. INTRODUCCION.

La presentación de los resultados obtenidos en nuestros ensayos, para analizar y comparar se las presenta en forma de ponderación media para cada barrio y en forma global para cada tipo de suelo clasificado.

4.2. CORRELACIONES DE CADA TIPO DE SUELO.

Se realizara las correlaciones de cada suelo fino obtenido en nuestro ensayos para así saber el grado de asociación que se tienen entre el coeficiente "K" (in situ y laboratorio) y se realizara sus respectivos análisis y comparaciones.

La misma correlación nos servirá para encontrar un factor de ajuste que valide ambos resultados en caso se pudiese.

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
ANALISIS Y COMPARACION DEL COEFICIENTE "K"

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
 Clasificacion: "MH"
 Descripcion: Limos inorganicos mecaceos o diatomaceos limos elasticos

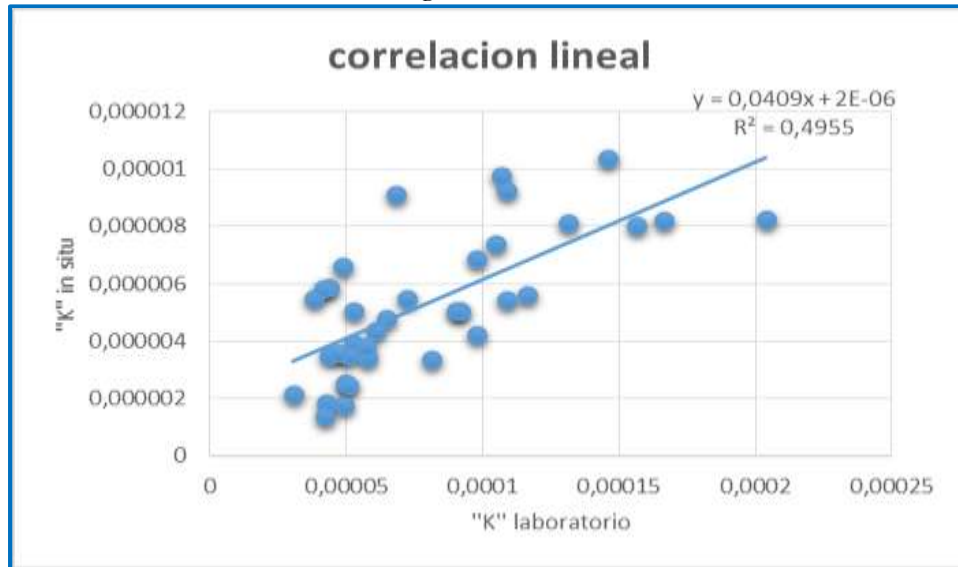
tabla 4,1

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "MH"		
BARRIOS DE ESTUDIO	'K" IN SITU (cm/s)	'K" LAB. (cm/s)
luis de fuentes:	9,2291E-06	0,000166185
la pampa:	4,4169E-06	9,04168E-05
lurdes:	5,2827E-06	4,83856E-05
defensores del chaco:	6,5023E-06	0,000113647
moto mendez:	8,4182E-06	0,000143039
IV centenario:	5,5739E-06	4,93704E-05
catedral:	3,6719E-06	5,62047E-05
aniceto arce:	3,5681E-06	5,37586E-05
luis espinal:	1,9773E-06	4,1554E-05

Fuente:Elaboracion Propia

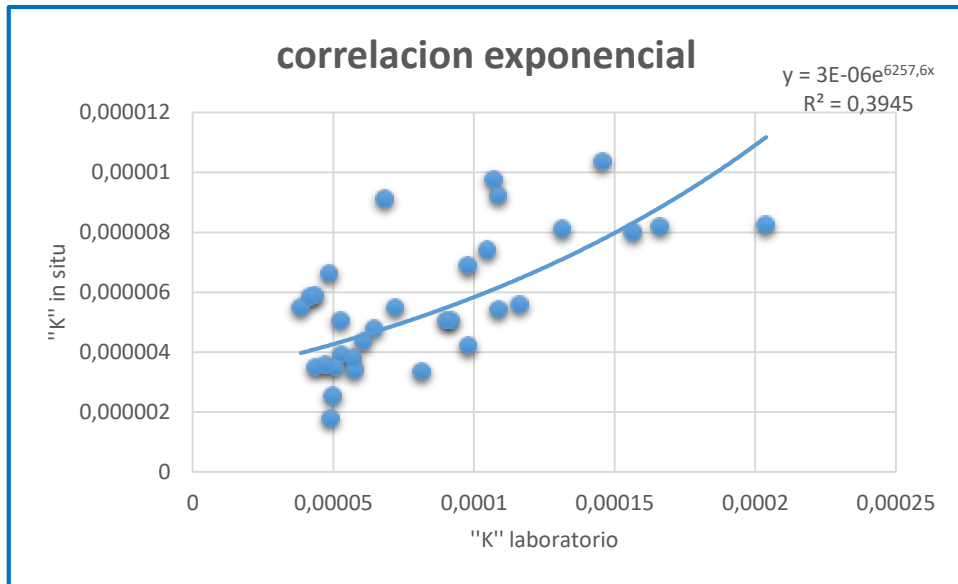
ANALISIS CORRELACIONAL

Figura:4,1:



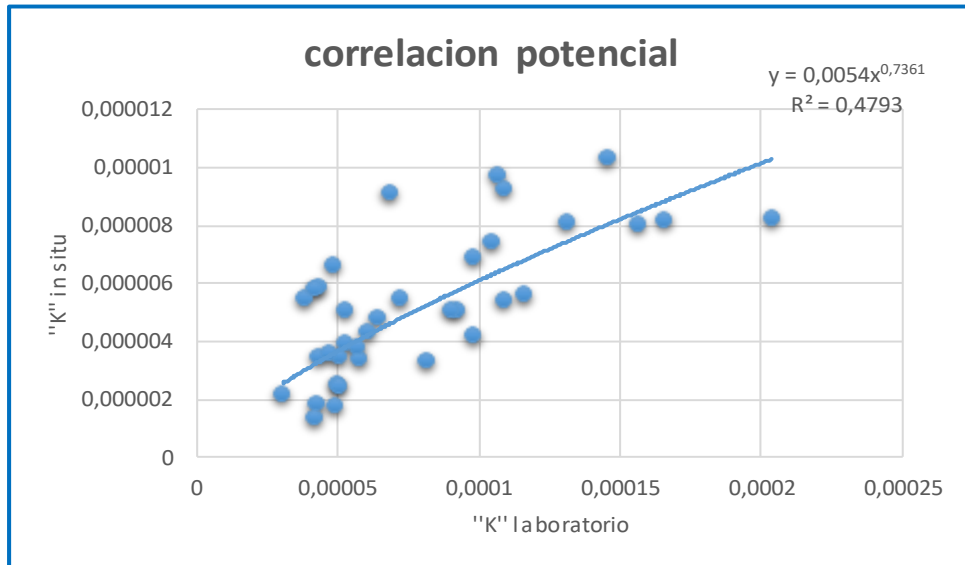
Fuente:Elaboracion Propia

Figura:4.2



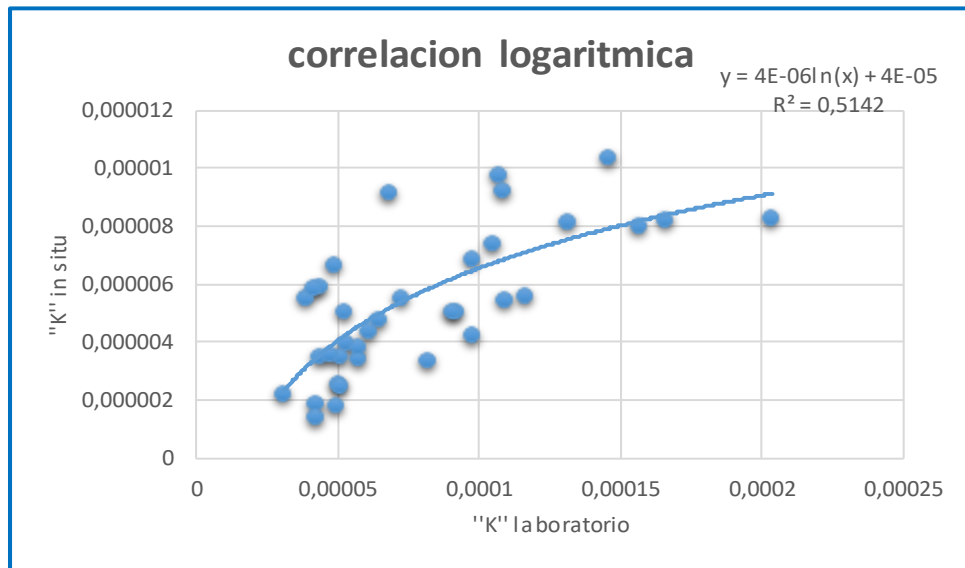
Fuente: Elaboración Propia

Figura:4.3



Fuente: Elaboracion Propia

Figura:4.4



Fuente: Elaboracion Propia

RESULTADOS DEL GRADO DE CORRELACION

tabla:4.2

correlacion lineal		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,703921	1
correlacion exponencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,628092	1
correlacion potencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7	1
correlacion logaritmica		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,717	1

Fuente:Elaboracion Propia

RANGOS DE CORRELACION

tabla:4.3

+0.96	+ 1	PERFECTA
+0.85	+ 0.95	FUERTE
+0.70	+0.84	SIGNIFICATIVA
+0.50	+0.69	MODERADA
+0.10	+0.19	MUY DEBIL
0	0	NULA
-0.10	-0.19	MUY DEBIL
-0.50	-0.69	MODERADA
-0.70	-0.84	SIGNIFICATIVA
-0.85	-0.95	FUERTE
-0.96	-1	PERFECTA

Fuente:Elaboracion Propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
ANALISIS Y COMPARACION DEL COEFICIENTE "K"

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
 Clasificacion: "CL"
 Descripcion: Arcillas inorganicas de baja a media plasticidad

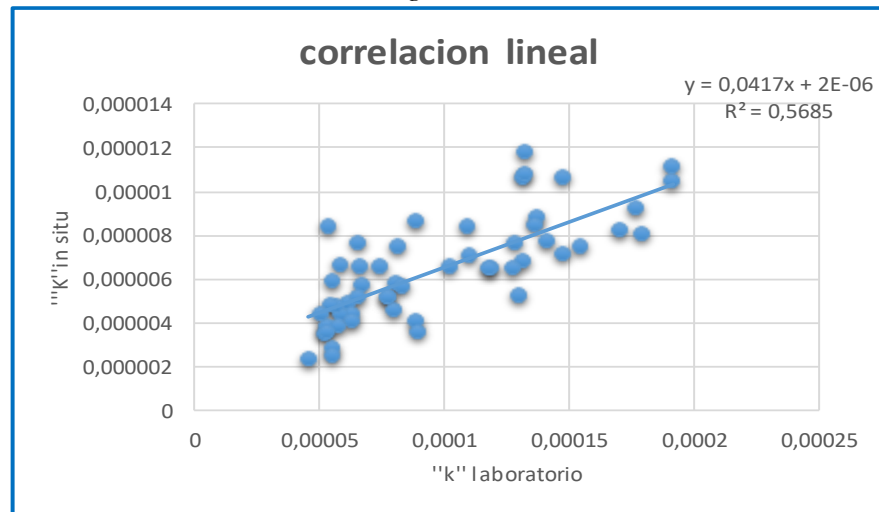
tabla:4,4:

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "CL"		
BARRIOS DE ESTUDIO	'K" IN SITU (cm/s)	'K" LAB. (cm/s)
carlos wanner:	4,8994E-06	6,15136E-05
san luis:	5,8016E-06	8,05693E-05
mira flores:	3,856E-06	5,7371E-05
pedro antonio flores:	6,5838E-06	0,000102179
san blas:	5,6279E-06	8,32155E-05
morros blancos:	8,8307E-06	0,000137313
junacas:	8,4414E-06	0,000136646
bartolome attar:	4,8613E-06	5,43758E-05
gallinazo:	7,0797E-06	0,000110142
2 de mayo:	9,2109E-06	0,000177398
palmarcito:	5,7853E-06	6,95104E-05

Fuente:Elaboracion Propia

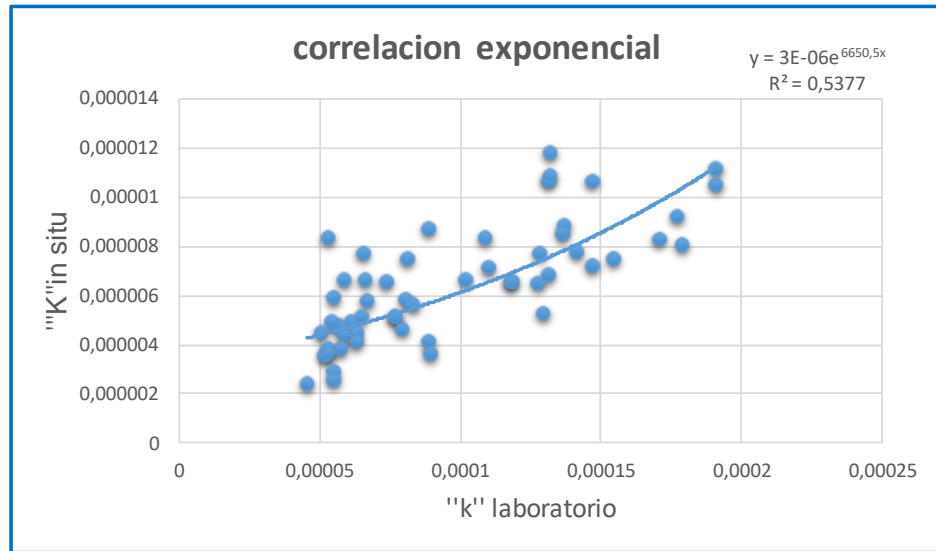
ANALISIS CORRELACIONAL

Figura:4,5:



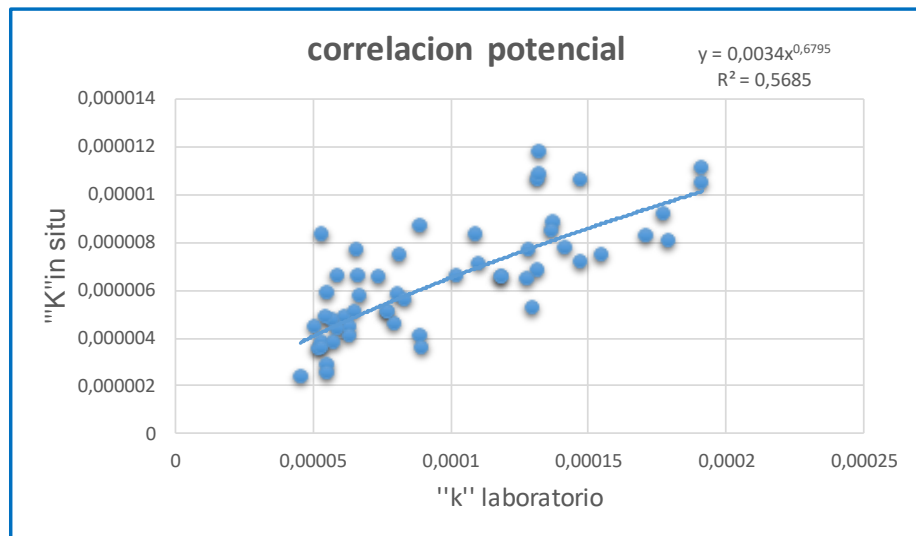
Fuente:Elaboracion Propia

Figura:4.6:



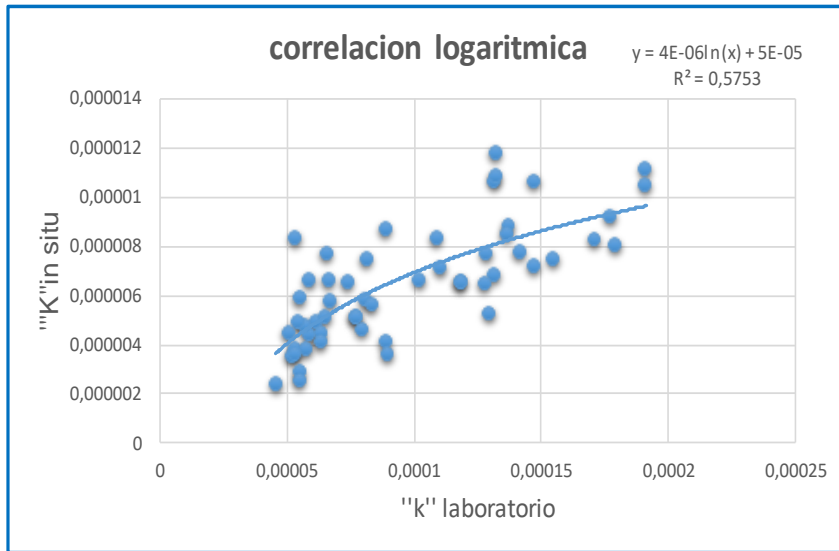
Fuente: Elaboracion Propia

Figura:4.7:



Fuente: Elaboracion Propia

Figura:4.8:



Fuente: Elaboracion Propia

RESULTADOS DEL GRADO DE CORRELACION

tabla:4.5

correlacion lineal		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7539893	1
correlacion exponencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7332803	1
correlacion potencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,753989	1
correlacion logaritmica		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7584853	1

Fuente:Elaboracion Propia

RANGOS DE CORRELACION

tabla:4.6

+0.96	+ 1	PERFECTA
+0.85	+ 0.95	FUERTE
+0.70	+0.84	SIGNIFICATIVA
+0.50	+0.69	MODERADA
+0.10	+0.19	MUY DEBIL
0	0	NULA
-0.10	-0.19	MUY DEBIL
-0.50	-0.69	MODERADA
-0.70	-0.84	SIGNIFICATIVA
-0.85	-0.95	FUERTE
-0.96	-1	PERFECTA

Fuente:Elaboracion Propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
ANALISIS Y COMPARACION DEL COEFICIENTE "K"

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
 Clasificacion: "ML"
 Descripcion: limos inorganicos arenosos y arcillosos lijeramente plasticos

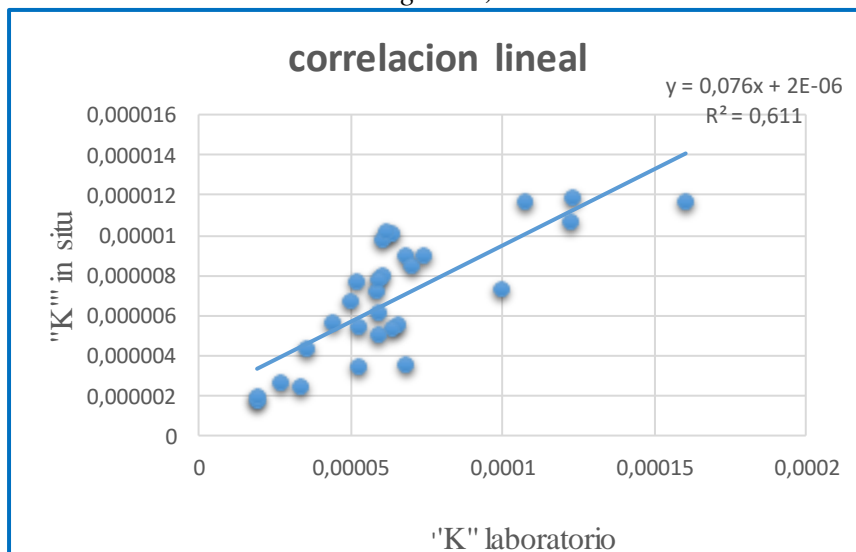
tabla:4,7:

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "ML"		
BARRIOS DE ESTUDIO	'K" IN SITU (cm/s)	'K" LAB. (cm/s)
panamericano:	5,3191E-06	6,39732E-05
3 de mayo:	7,2082E-06	5,85982E-05
el tejar:	8,0002E-06	6,08104E-05
portillos:	2,553E-06	2,72297E-05
chapacos:	1,0621E-05	0,000122858
4 de julio:	7,6912E-06	5,77815E-05

Fuente:Elaboracion Propia

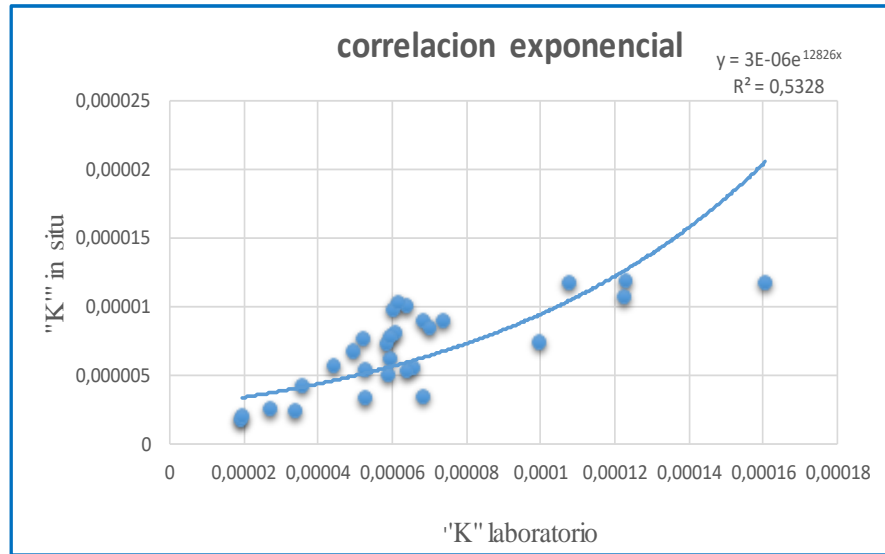
ANALISIS CORRELACIONAL

Figura:4,9:



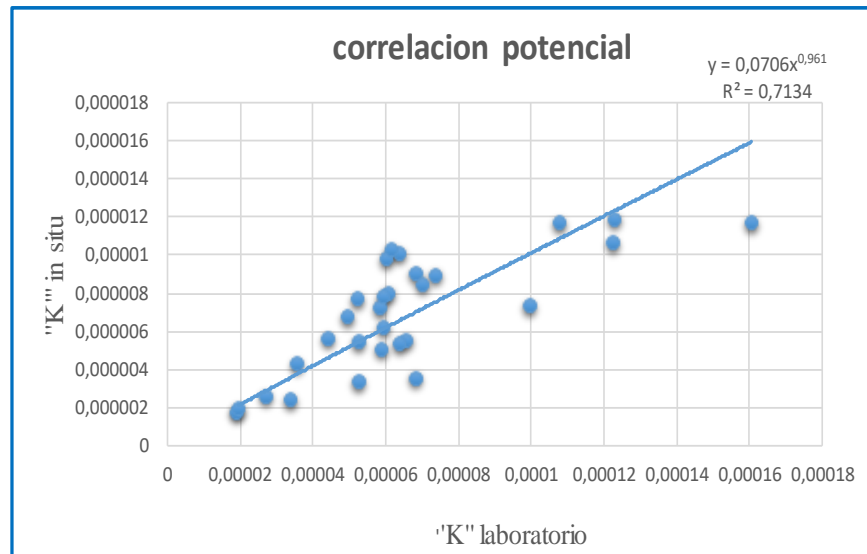
Fuente:Elaboracion Propia

Figura:4.10:



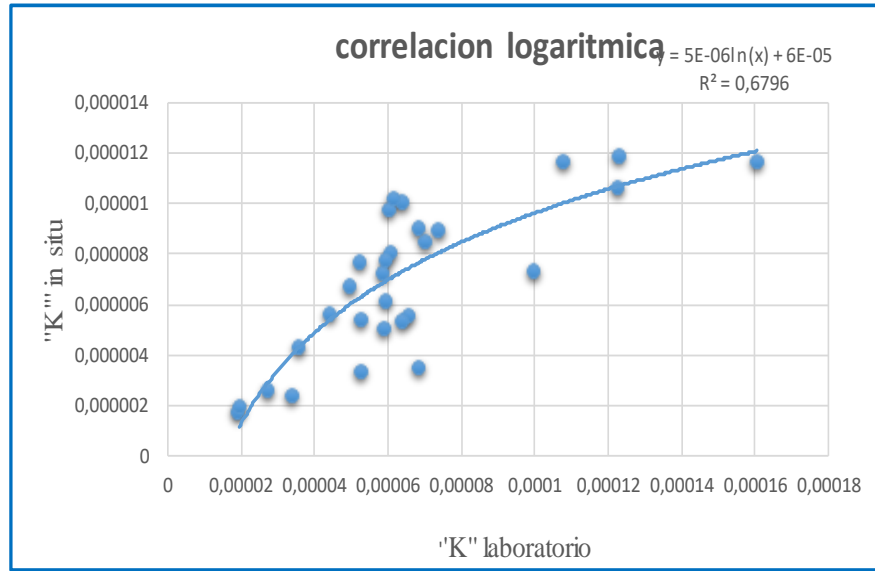
Fuente: Elaboracion Propia

Figura:4.11:



Fuente: Elaboracion Propia

Figura:4.12:



Fuente: Elaboracion Propia

RESULTADOS DEL GRADO DE CORRELACION

tabla:4.8

correlacion lineal		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7816648	1
correlacion exponencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7299315	1
correlacion potencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,840463	1
correlacion logaritmica		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,824378	1

Fuente:Elaboracion Propia

RANGOS DE CORRELACION

tabla:4.9

+0.96	+ 1	PERFECTA
+0.85	+ 0.95	FUERTE
+0.70	+0.84	SIGNIFICATIVA
+0.50	+0.69	MODERADA
+0.10	+0.19	MUY DEBIL
0	0	NULA
-0.10	-0.19	MUY DEBIL
-0.50	-0.69	MODERADA
-0.70	-0.84	SIGNIFICATIVA
-0.85	-0.95	FUERTE
-0.96	-1	PERFECTA

Fuente:Elaboracion Propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE ING. CIVIL
ANALISIS Y COMPARACION DEL COEFICIENTE "K"

Proyecto: " Analisis Comparativo de Paermeabilidad In situ y Laboratorio"
 Clasificacion: "CH"
 Descripcion: arcillas inorganicas de alta plasticidad, arcilla franca

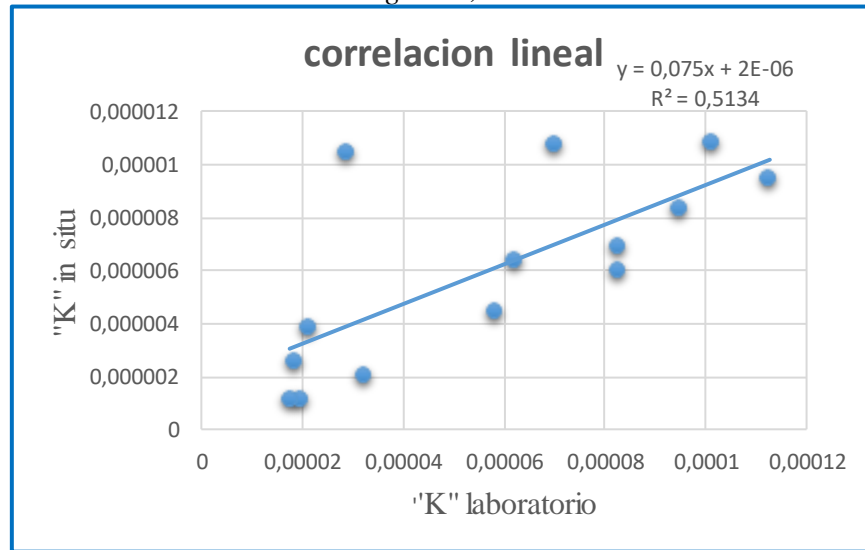
tabla:4,10:

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "CH"		
BARRIOS DE ESTUDIO	'K" IN SITU (cm/s)	'K" LAB. (cm/s)
senac:	3,8173E-06	2,107E-05
san martin:	8,3067E-06	9,48089E-05
florida:	5,8961E-06	5,79395E-05

Fuente:Elaboracion Propia

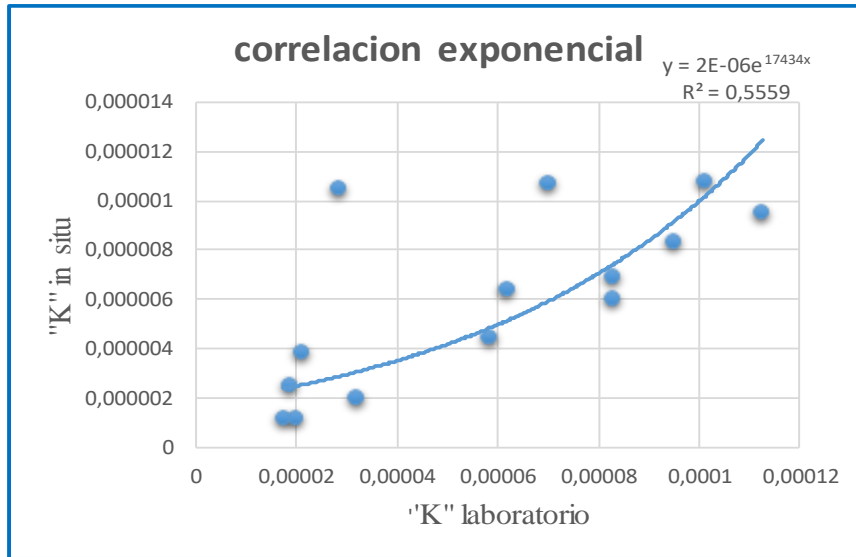
ANALISIS CORRELACIONAL

Figura:4,13:



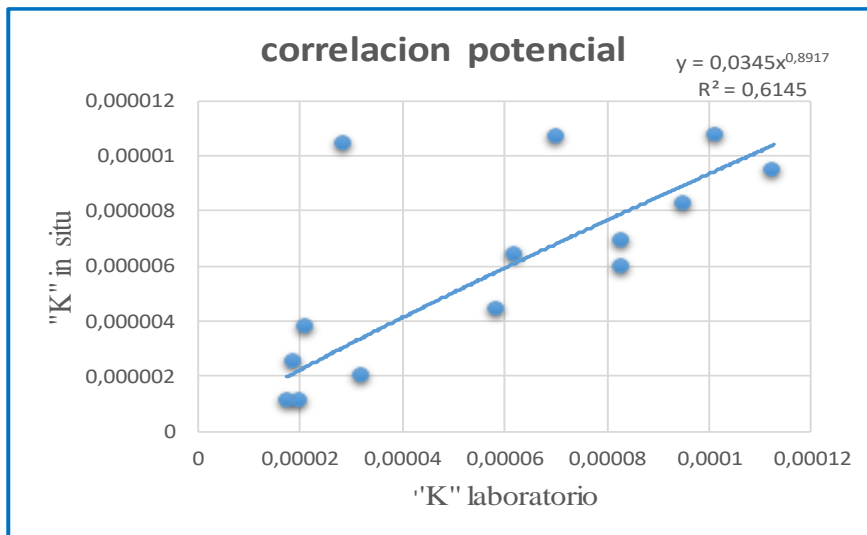
Fuente:Elaboracion Propia

Figura:4.14:



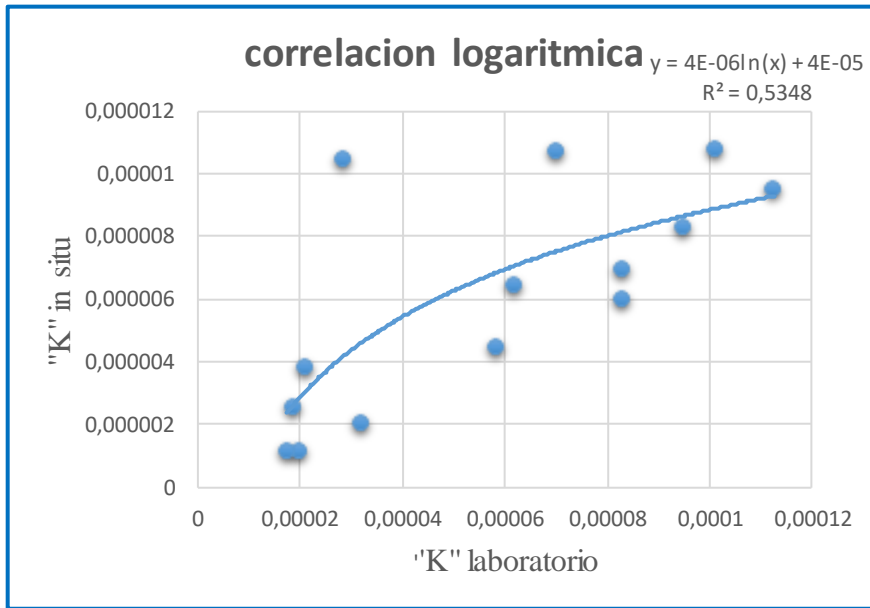
Fuente: Elaboracion Propia

Figura:4.15:



Fuente: Elaboracion Propia

Figura:4.16:



Fuente: Elaboracion Propia

RESULTADOS DEL GRADO DE CORRELACION

tabla:4.11

correlacion lineal		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,716519	1
correlacion exponencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,745587	1
correlacion potencial		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7839005	1
correlacion logaritmica		
	'K" Lab.	'K" in situ
'K" Laboratorio	1	
'K" in situ	0,7313	1

Fuente:Elaboracion Propia

RANGOS DE CORRELACION

tabla:4.12

+0.96	+ 1	PERFECTA
+0.85	+ 0.95	FUERTE
+0.70	+0.84	SIGNIFICATIVA
+0.50	+0.69	MODERADA
+0.10	+0.19	MUY DEBIL
0	0	NULA
-0.10	-0.19	MUY DEBIL
-0.50	-0.69	MODERADA
-0.70	-0.84	SIGNIFICATIVA
-0.85	-0.95	FUERTE
-0.96	-1	PERFECTA

Fuente:Elaboracion Propia

4.2.1. COMPROBACION DEL VALOR DE VERDAD DE LA HIPOTESIS.

Podemos estimar que nuestras correlaciones lineales, exponenciales, potenciales y logarítmicas realizadas para nuestros cuatro suelos estudiados, hay una tendencia de grado **significativa positiva**, como se puede ver en las siguientes tablas. (Ver tabla 4.13:4.14:).

SUELOS.

Tabla:4.13:

SUELO	GRADO DE CORRELACION			
	LINEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL	LOGARITMICA
'MH'	0,703921	0,628092	0,7	0,717
'CL'	0,7539893	0,7299315	0,753989	0,758485
'ML'	0,7816648	0,7299315	0,840463	0,824378
'CH'	0,716519	0,745587	0,7839005	0,7313

Fuente:Elaboracion Propia

Tabla:4.14

+0.96	+ 1	PERFECTA
+0.85	+ 0.95	FUERTE
+0.70	+0.84	SIGNIFICATIVA
+0.50	+0.69	MODERADA
+0.10	+0.19	MUY DEBIL
0	0	NULA
-0.10	-0.19	MUY DEBIL
-0.50	-0.69	MODERADA
-0.70	-0.84	SIGNIFICATIVA
-0.85	-0.95	FUERTE
-0.96	-1	PERFECTA

Fuente:Elaboracion Propia

Por lo tanto se estima que nuestros resultados obtenidos en laboratorio e in situ no tienen una asociación entre los dos resultados ya que en nuestros gráficos de dispersión nos muestra muy claramente que los resultados obtenidos, se encuentran muy dispersos con respecto a nuestras líneas de tendencia esto nos dice que nuestro grado de asociación entre ambos resultados no son muy buenas, sin embargo haciendo un análisis de nuestro caso del porque no podemos llegar a un resultado igualitario entre

el coeficiente de permeabilidad in situ y laboratorio de un mismo suelo en su estado natural, se pudo encontrar que los factores que intervienen en este objetivo son varios como ser.

La densidad del suelo, contenido de humedad, relación de vacíos la porosidad, estructura estratificación y temperatura ambiente.

Aclarar que se realizó las correlaciones con el fin de poder saber cuánto de asociación llegarían a tener nuestros resultados de los ensayo de laboratorio e in situ y así a base de esto poder vertir un análisis y comparación que es nuestro objetivo de investigación y por tal motivo desde ahora se puede decir que nuestros resultados a base de las correlaciones que realizamos no se puede realizar un ajuste entre ambos (in situ y laboratorio) ya que entre ellos no son asociables y tienen un grado de correlación no muy buena que implica que no sería confiable sin en caso se realizaría dicho ajuste encontrando una constante que valide los dos resultados. (In Situ y laboratorio).

4.2.1.1: PLANILLAS DE DESCRIPCION POR VARIABLE.

Tabla: 4.15

PLANILLA DE DESCRIPCION DE RESULTADOS DE LOS SUELOS "MH"		
tipo de suelo	rangos: min. y max.	descripcion
suelo "MH"	9 barrios estudiados	corresponden a la zona de abajo de la linea "A" en el abaco definida por $LL \geq 50\%$ con una descripcion de ser limos inorganicos micaceos , y limos
permeabilidad in situ y laboratorio	$9,2291 \cdot 10^{-6}$ (cm/s) y $1,1364 \cdot 10^{-4}$ (cm/s)	nuestros suelos en estudio corresponde a una infiltracion muy pobre por los rangos ya mostrados
densidad in situ. relacion de vacios. Porosidad.	1,49 (gr/cm ³) y 1,72(gr/cm ³) 0,1026 % y 0,0864 % 6,085 % y 12,3114 %	densidad material en estado natural suelto de bajo contenido de relacion de vacios y capacidad de porosidad media
limos arcillas	51,21 % y 84,51 % 14,31 % y 29,73 %	alto contenido de limos y bajo contenido de arcillas
cont. humedad	2,6 % y 5,2 %	bajo contenido de humedad

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla: 4.16

PLANILLA DE DESCRIPCION DE RESULTADOS DE LOS SUELOS "CL"		
tipo de suelo	rangos: min. y max.	descripcion
suelo "CL"	11 barrios estudiados	corresponden a la zona de arriba de la linea "A" en el abaco definida por $LL \leq 50\%$ con una descripcion arcillas inorganicas de baja a media plasticidad.
permeabilidad in situ y laboratorio	$3,855 \cdot 10^{-6}$ (cm/s) y $1,02 \cdot 10^{-4}$ (cm/s)	nuestros suelos en estudio corresponde a una infiltracion muy pobre por los rangos ya mostrados
densidad in situ. relacion de vacios. Porosidad.	1,483 (gr/cm ³) y 1,86(gr/cm ³) 0,108 % y 0,054 % 5,123 % y 13,941 %	densidad material en estado natural suelto de bajo contenido de relacion de vacios y capacidad de porosidad media
limos arcillas	70,98 % y 90,53 % 4,18 % y 15,03 %	alto contenido de limos y bajo contenido de arcillas
cont. humedad	2 % y 5,8 %	bajo contenido de humedad

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla: 4.17

PLANILLA DE DESCRIPCION DE RESULTADOS DE LOS SUELOS "ML"		
tipo de suelo	rangos: min. y max.	descripcion
suelo "ML"	6 barrios estudiados	corresponden a la zona de abajo de la linea "A" en el abaco definida por $LL \leq 50 \%$ con una descripcion de ser limos inorganicos arenosos.
permeabilidad in situ y laboratorio	$2,553 \cdot 10^{-6}$ (cm/s) y $1,228 \cdot 10^{-4}$ (cm/s)	nuestros suelos en estudio corresponde a una infiltracion muy pobre por los rangos ya mostrados
densidad in situ. relacion de vacios. Porosidad.	1,47 (gr/cm ³) y 1,67(gr/cm ³) 0,189 % y 0,054 % 5,123 % y 15,89 %	densidad material en estado natural suelto de bajo contenido de relacion de vacios y capacidad de porosidad media
limos arcillas	69,68 % y 92,11 % 3,39 % y 60,16 %	alto contenido de limos y bajo contenido de arcillas
cont. humedad	2 % y 7 %	bajo contenido de humedad

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla: 4.18

PLANILLA DE DESCRIPCION DE RESULTADOS DE LOS SUELOS "CH"		
tipo de suelo	rangos: min. y max.	descripcion
suelo "CH"	3 barrios estudiados	corresponden a la zona de arriba de la linea "A" en el abaco definida por $LL \geq 50 \%$ con una descripcion arcillas inorganicas de alta plasticidad..
permeabilidad in situ y laboratorio	$3,817 \cdot 10^{-6}$ (cm/s) y $2,107 \cdot 10^{-4}$ (cm/s)	nuestros suelos en estudio corresponde a una infiltracion muy pobre por los rangos ya mostrados
densidad in situ. relacion de vacios. Porosidad.	1,479 (gr/cm ³) y 1,60(gr/cm ³) 0,102 % y 0,048 % 4,634 % y 12,311 %	densidad material en estado natural suelto de bajo contenido de relacion de vacios y capacidad de porosidad media
limos arcillas	78,38 % y 85,91 % 11,08 % y 18,29 %	alto contenido de limos y bajo contenido de arcillas
cont. humedad	1,80% y 5,2 %	bajo contenido de humedad

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.1.2. ANÁLISIS DEL LABORATORIO

Factores que se presentan en los ensayos de laboratorio.

- El proceso de toma de la muestra, bien sea por golpeo, hincado o rotación Produce una alteración de la estructura del terreno.
Esta alteración es más importante en los contornos de la muestra, pero en cierta medida afecta a la totalidad de la misma.
Estudios teóricos muestran que las deformaciones verticales que se producen en un suelo fino debido al hincado de una toma muestras, son del orden del 1% en el centro (eje) de la muestra. A esta alteración hay que añadir la que se produce en el transporte, almacenamiento, en el colocado de la muestra en equipo (permeámetro de carga variable)
- Por otra parte la extracción de la muestra del terreno implica la anulación de las tensiones totales a las que estaba sometida **in situ**. En cuanto a las presiones intersticiales (poros o espacios vacíos), el único control que se tiene sobre ellas es la protección de la muestra contra la desecación o humectación a través de sus paredes. El agua de los poros o espacios vacíos queda así en estado capilar, siendo esta succión la responsable de mantener la estabilidad de la muestra. Si no existe ninguna alteración, esta succión debe ser igual a la presión efectiva media a la que estaba sometida la muestra in situ.
Todos estos aspectos mencionados son muy difícil mantenerlos en la misma situación que se encontraban en su estado natural, in situ.
- Las muestras extraídas tienen un tamaño pequeño, por lo que sólo son representativas de una porción reducida del terreno. Este inconveniente se solventa con la toma de un gran número de muestras. Sin embargo, en muchas ocasiones el comportamiento del terreno no puede modelarse basado en mediciones a tamaño pequeño. Esto ocurre cuando existen rasgos macro estructurales (otros elementos) como presencia de bolos o cantos, fractura, fisuración, las propiedades del suelos, variaciones en profundidad, etc.

- La relación de vacíos, de un suelo extraído de su lugar de origen tienden a expandirse a fisurarse y sin embargo a degradarse dando lugar al aumento de volumen de sus vacíos, que provoca que el coeficiente ‘‘K’’ aumente su valor y tengamos un resultado muy diferente al del in situ
- La temperatura del agua siendo otros de los factores que influyen en la obtención del coeficiente ‘‘K’’ en un análisis teórico surge que el valor de coeficiente ‘‘K’’ es proporcional a la viscosidad del agua.
El valor del coeficiente ‘‘K’’ obtenido mediante ensayos depende de la temperatura a la que se fueron realizados normalmente se los puede referir a una temperatura de $t = 20$ grados centígrados en laboratorio
- El aire encerrado y materiales extraños en los vacíos. Los suelos en su condición natural contiene pequeñas cantidades de gas encerrado u ocluido, más aun las muestras de laboratorio contienen frecuentemente mayores cantidades de gas debido a que el suelo lo adquiere con facilidad, a menos que se tomen una serie de precauciones durante el muestreo.
El gas encerrado aunque sea pequeñas cantidades, tienen un efecto marcado en el coeficiente de permeabilidad ‘‘K’’ por consiguiente para obtener una información correcta, se debe estar seguro de que el contenido de gas en la muestra sea igual al contenido del estado natural, otro factor que es muy imprescindible de controlar.
- Los limos y arcillas, el coeficiente de permeabilidad de un suelo extraído de in situ cambia su estructura y estratificación en el hincado de la capsula toma muestras, porque quedan libres las partículas del suelo, que al fluir el líquido las mueve y reacomoda obstruyendo los canales, en otras ocasiones son arrastradas al exterior, con lo cual el coeficiente de permeabilidad ‘‘K’’ varia durante la realización del ensayo.

4.2.1.3. ANALISIS IN SITU

Los ensayos "in situ" permiten, en principio, obviar estos factores que se presentan en la realización de los ensayos en laboratorio. Sin embargo, esto sólo se logra en parte, y por otro lado, aparecen otras nuevas:

- Aunque se elimina la alteración debida a la toma de la muestra, en su lugar aparecen los efectos de la instalación del elemento de ensayo "in situ". En ocasiones, estos efectos son muy pequeños (como en el caso del permeámetro de guelph), pero en otros, son tan importantes como los de la extracción de muestras (como en el ensayo presiométrico).
- El control de las condiciones (estados tensionales, desplazamientos, existencia o no de drenaje) en los ensayos "in situ", es mucho más precario que en el laboratorio. Por otra parte, si bien es cierto que la zona de terreno afectado por los ensayos "in situ" es mayor que el tamaño de las probetas usuales en laboratorio, ello no resuelve totalmente el problema de los efectos macro estructurales (otros elementos) previamente. Un ejemplo típico es la extrapolación de ensayos de carga variable perforaciones de pozos.
- Pues sabemos que el coeficiente de "K" varía mediante la temperatura del agua por lo tanto no podemos predecir en el momento de ensayo el cambio climático que puede suscitar ya que el coeficiente "K" al momento de subir o bajar la temperatura ambiente hace que obtengamos resultados variados.

Con este análisis pudimos constatar del porque no se pudo llegar a un resultado óptimo igualitario entre los dos ensayos realizados tanto in situ y laboratorio.

Sin embargo poder decir que se pudo comprobar que pese a los factores mencionados anteriormente que influyen en la permeabilidad, tuvimos la certeza de obtener nuestros coeficientes de permeabilidad "K" dentro de los rangos óptimos de los suelos finos. (Ver figura 4.17.) Que en nuestro caso fueron los estudiados en nuestro proyecto de investigación.

VALORES DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN DISTINTOS SUELOS (cm/s).

Figura: 4.17

	100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	
Drenaje	Bueno						Pobre			Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada						Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición		
						Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. ^d							
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.												
	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.												
Determinación indirecta de k		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.			Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.					
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.						Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia						

Fuente: Geología y Geotecnia 4ta edición 2007.

4.2.2. COMPARACION DE RESULTADOS.

Podremos comparar nuestro resultados obtenidos de nuestras permeabilidades "K" con los factores que influyen a la misma.

TABLAS:

tabla:3,19: tabla con datos finales

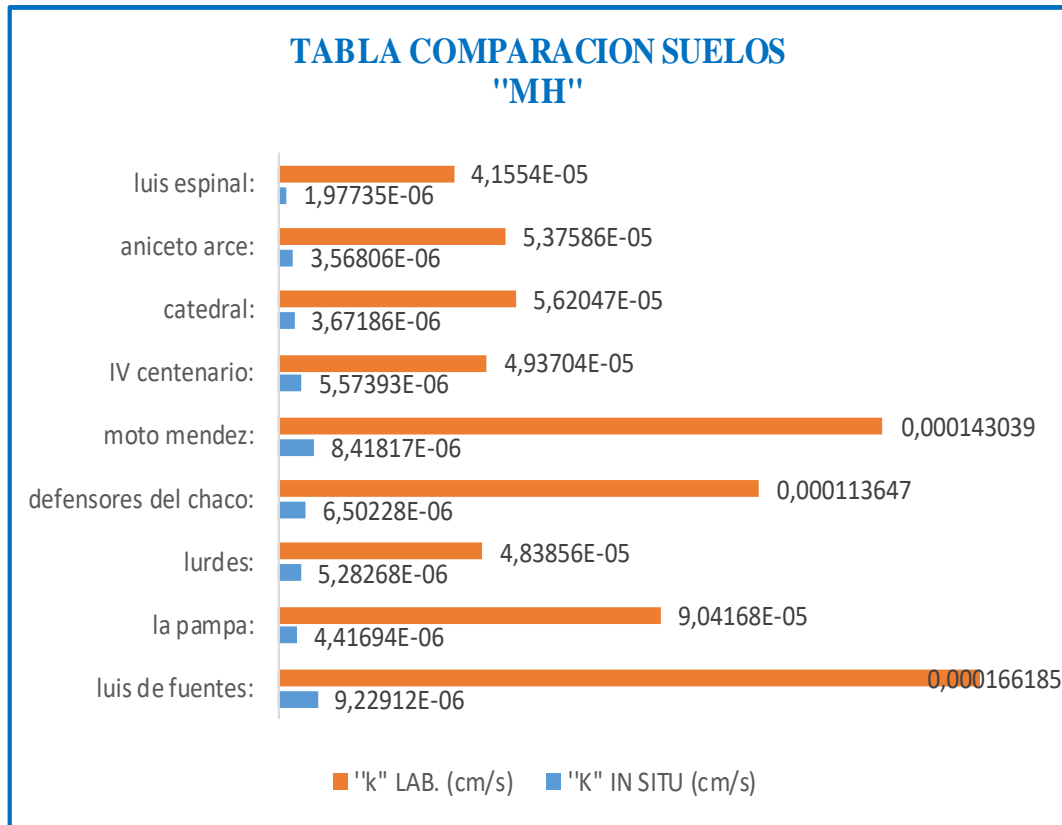
TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "MH"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)	D. L (g/r/cm ³)	R. V.	POR. (%)	CONT. H. (%)	ARCILLAS (%)	LIMOS (%)
luis de fuentes:	9,22912E-06	0,000166185	1,722	0,14	12,311	5,2	21,06	78,32
la pampa:	4,41694E-06	9,04168E-05	1,69	0,0864	7,952	3,2	18,06	81,39
lurdes:	5,28268E-06	4,83856E-05	1,499	0,135	11,89	5	14,31	84,51
d. del chaco:	6,50228E-06	0,000113647	1,654	0,081	7,493	3	18,24	80,82
moto mendez:	8,41817E-06	0,000143039	1,655	0,0702	6,559	2,6	29,07	70,77
IV centenario:	5,57393E-06	4,93704E-05	1,665	0,0702	6,5595	2,6	15,27	84,21
catedral:	3,67186E-06	5,62047E-05	1,61	0,1404	12,3114	5,2	29,73	70,14
aniceto arce:	3,56806E-06	5,37586E-05	1,549	0,1026	9,305	3,8	25,04	74,49
luis espinal:	1,97735E-06	4,1554E-05	1,614	0,0648	6,085	2,4	27,64	51,21

Fuente:Elaboracion propia

- D.L.= densidad in situ
- R.V.= relacion de vacios
- POR.= porosidad
- CONT.H.= contenido de humedad
- 'K' IN SITU= permeabilidad en campo
- 'K' LAB.= permeabilidad en laboratorio

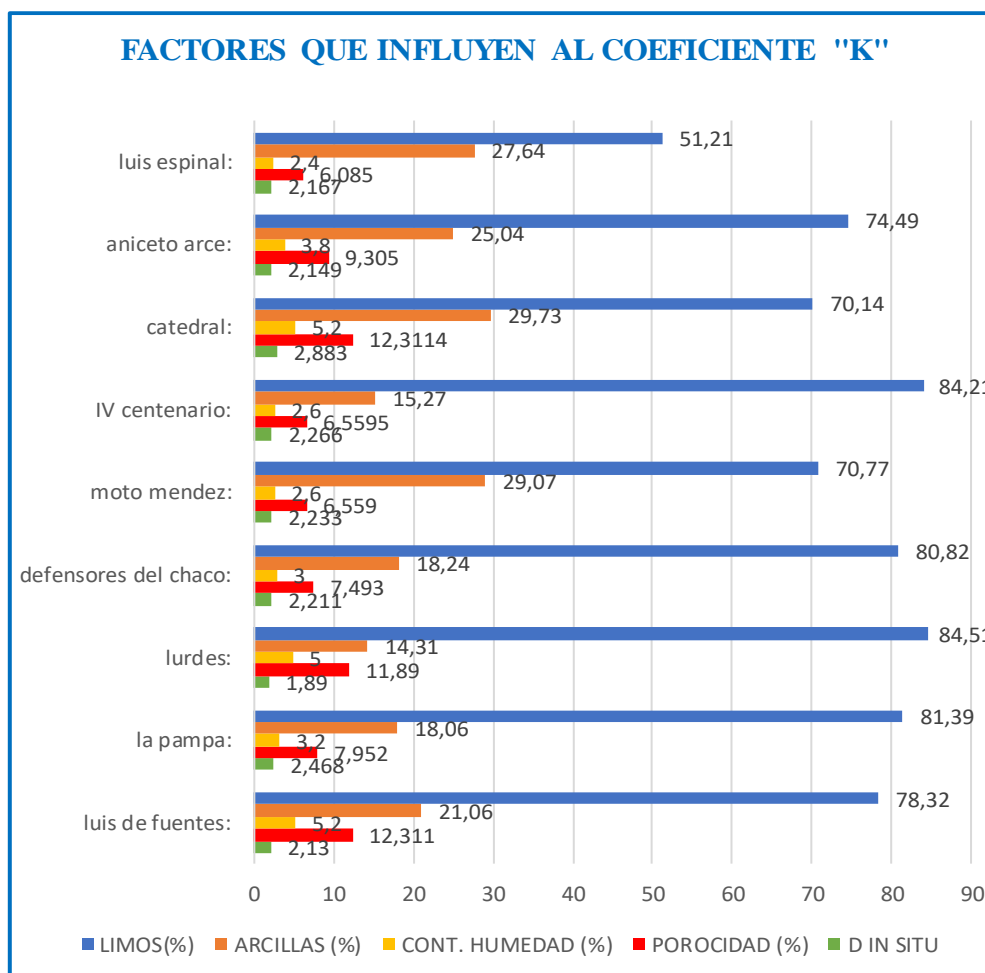
FIGURAS:

Figura: 4.18



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 4.19:



Fuente: Elaboración Propia

TABLAS:

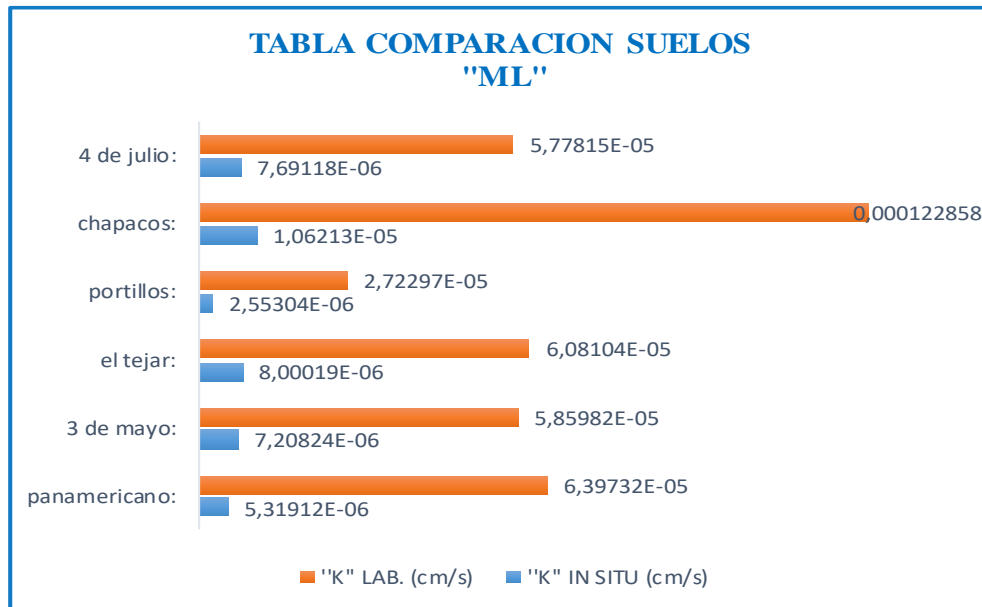
tabla:3.20: tabla con datos finales

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "ML"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)	D. I. (gr/cm³)	R. V.	POR. (%)	CONT. H. (%)	ARCILLAS (%)	LIMOS (%)
panamerican	5,31912E-06	6,3973E-05	1,584	0,0864	7,9528	3,2	60,16	81,06
3 de mayo:	7,20824E-06	5,8598E-05	1,581	0,1026	9,305	3,8	11,05	86,09
el tejear:	8,00019E-06	6,081E-05	1,522	0,189	15,89	7	10,67	88,75
portillos:	2,55304E-06	2,723E-05	1,474	0,1134	10,185	4,2	3,39	92,11
chapacos:	1,06213E-05	0,00012286	1,726	0,0648	6,085	2,4	4,02	69,68
4 de julio:	7,69118E-06	5,7782E-05	1,671	0,054	5,1233	2	12,77	86,17

Fuente:Elaboracion propia

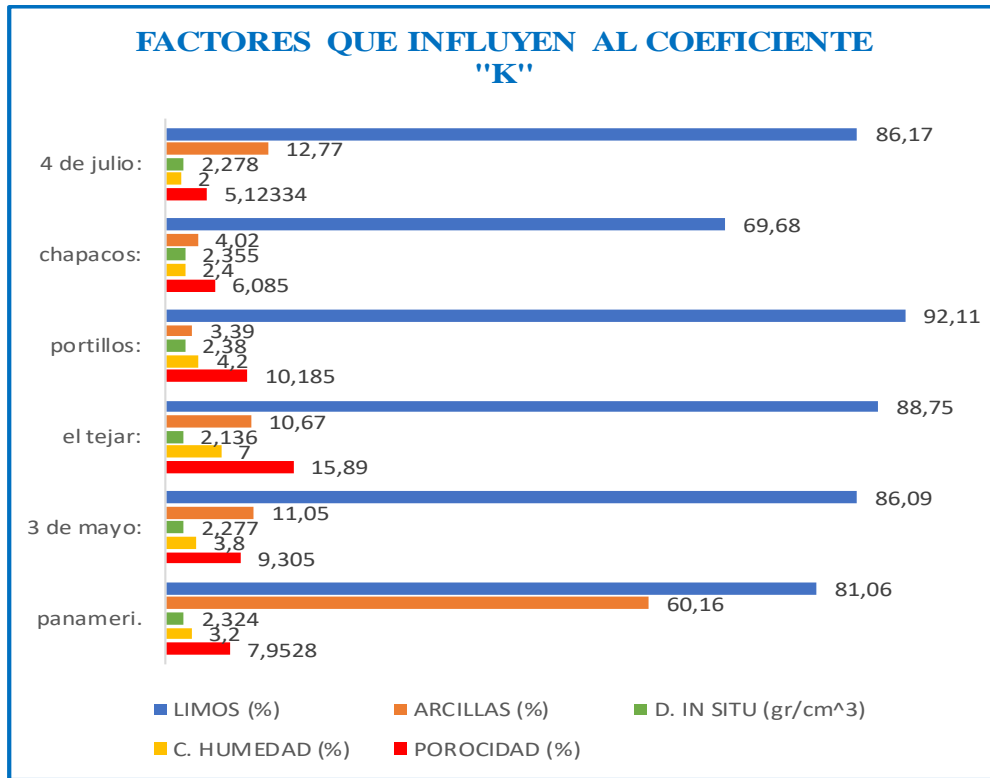
- D.I.=** densidad in situ
- R.V.=** relacion de vacios
- POR.=** porosidad
- CONT.H.=** contenido de humedad
- 'K' IN SITU=** permeabilidad en campo
- 'K' LAB.=** permeabilidad en laboratorio

Figura: 4.20:



Fuente: Elaboración Propia

Figura: 4.21:



Fuente: Elaboración Propia

TABLAS:

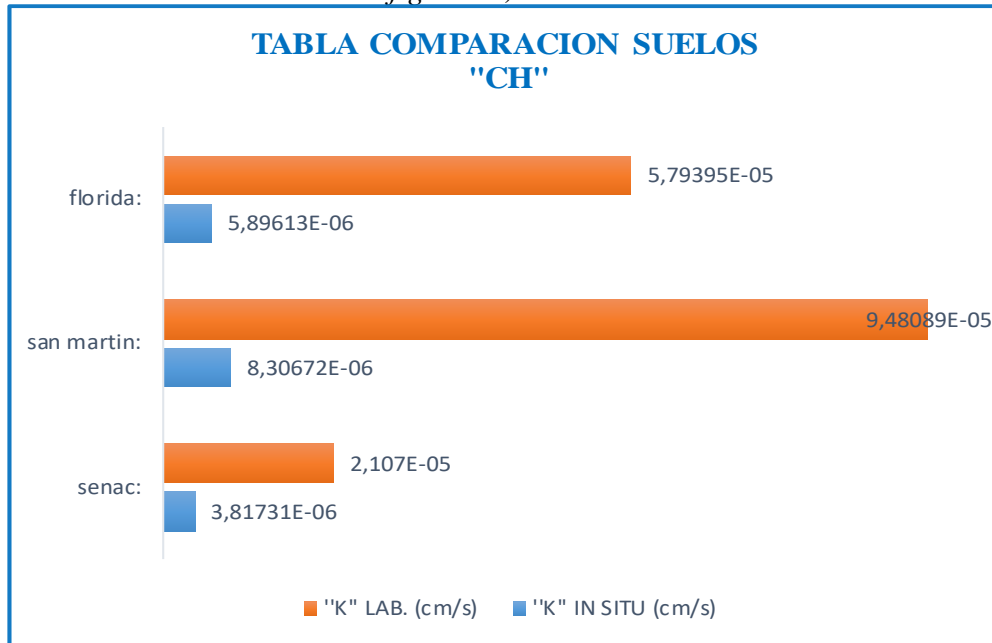
tabla: 3.21:tabla con datos finales

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "CH"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)	D. I (gr/cm³)	R. V.	POR. (%)	CONT. H. (%)	ARCILLAS (%)	LIMOS (%)
senac:	3,81731E-06	2,107E-05	1,479	0,0486	4,6347	1,8	12,76	85,91
san martin:	8,30672E-06	9,4809E-05	1,501	0,1026	9,3052	3,8	11,081	85,48
florida:	5,89613E-06	5,7939E-05	1,605	0,1404	12,311	5,2	18,29	78,38

Fuente:Elaboracion propia

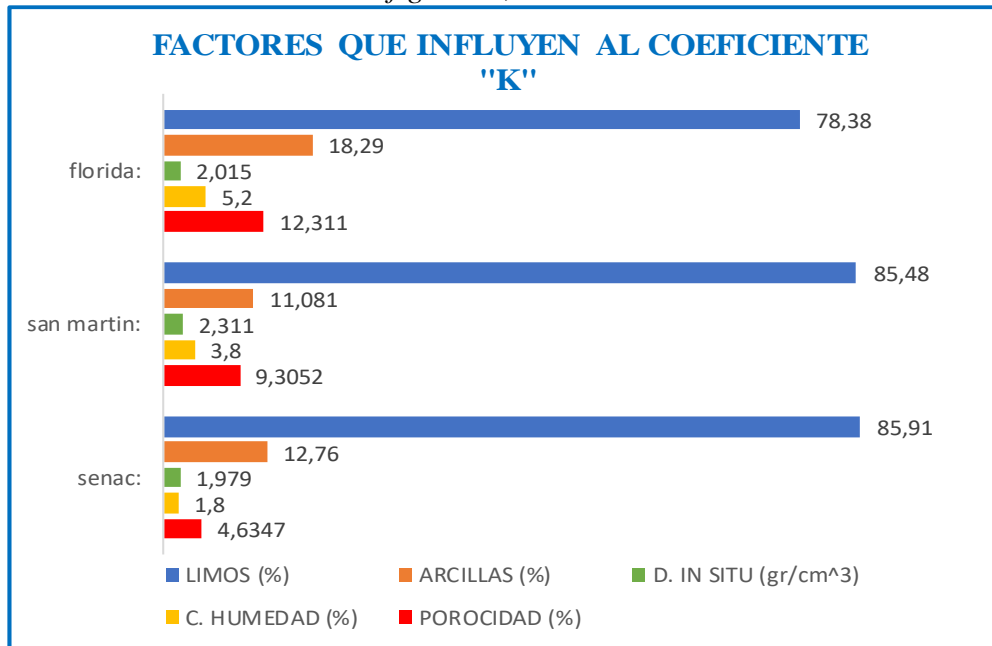
- D.I.=** densidad in situ
- R.V.=** relacion de vacios
- POR.=** porosidad
- CONT.H.=** contenido de humedad
- 'K' IN SITU=** permeabilidad en campo
- 'K' LAB.=** permeabilidad en laboratorio

figura: 4,22



Fuente:Elaboracion propia

figura: 4,23



Fuente:Elaboracion propia

TABLAS:

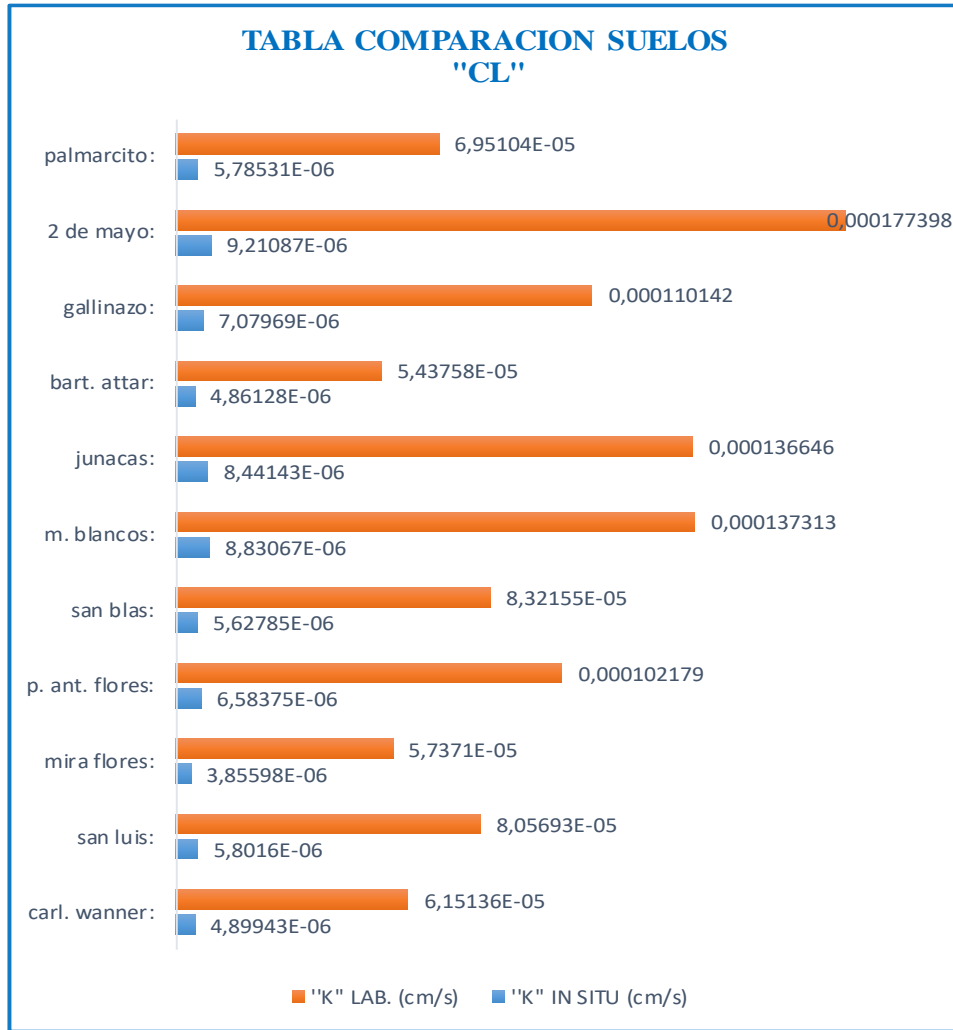
tabla:3.22:tabla con datos finales

TABLA DE PONDERACION DE LOS SUELOS "CL"								
BARRIOS DE ESTUDIO	'K' IN SITU (cm/s)	'K' LAB. (cm/s)	D. I. (gr/cm³)	R. V.	POR. (%)	CONT. H. (%)	ARCILLAS (%)	LIMOS (%)
carl. wanner:	4,89943E-06	6,1514E-05	1,689	0,108	9,747	4	9,08	89,07
san luis:	5,8016E-06	8,0569E-05	1,859	0,162	13,941	6	8,07	88,41
mira flores:	3,85598E-06	5,7371E-05	1,616	0,1566	13,59	5,8	15,03	78,99
p. ant. flores:	6,58375E-06	0,00010218	1,678	0,054	5,123	2	8,48	90,53
san blas:	5,62785E-06	8,3216E-05	1,504	0,1134	10,18	4,2	10,93	88,12
m. blancos:	8,83067E-06	0,00013731	1,483	0,054	5,123	2	11,45	87,87
junacas:	8,44143E-06	0,00013665	1,785	0,1512	13,134	5,6	5,57	83,04
bart. attar:	4,86128E-06	5,4376E-05	1,691	0,0648	6,085	2,4	13,76	83,24
gallinazo:	7,07969E-06	0,00011014	1,866	0,081	7,493	3	6,92	70,98
2 de mayo:	9,21087E-06	0,0001774	1,572	0,1134	10,18	4,2	4,88	64,21
palmarcito:	5,78531E-06	6,951E-05	1,551	0,135	11,894	5	4,18	77,65

Fuente:Elaboracion propia

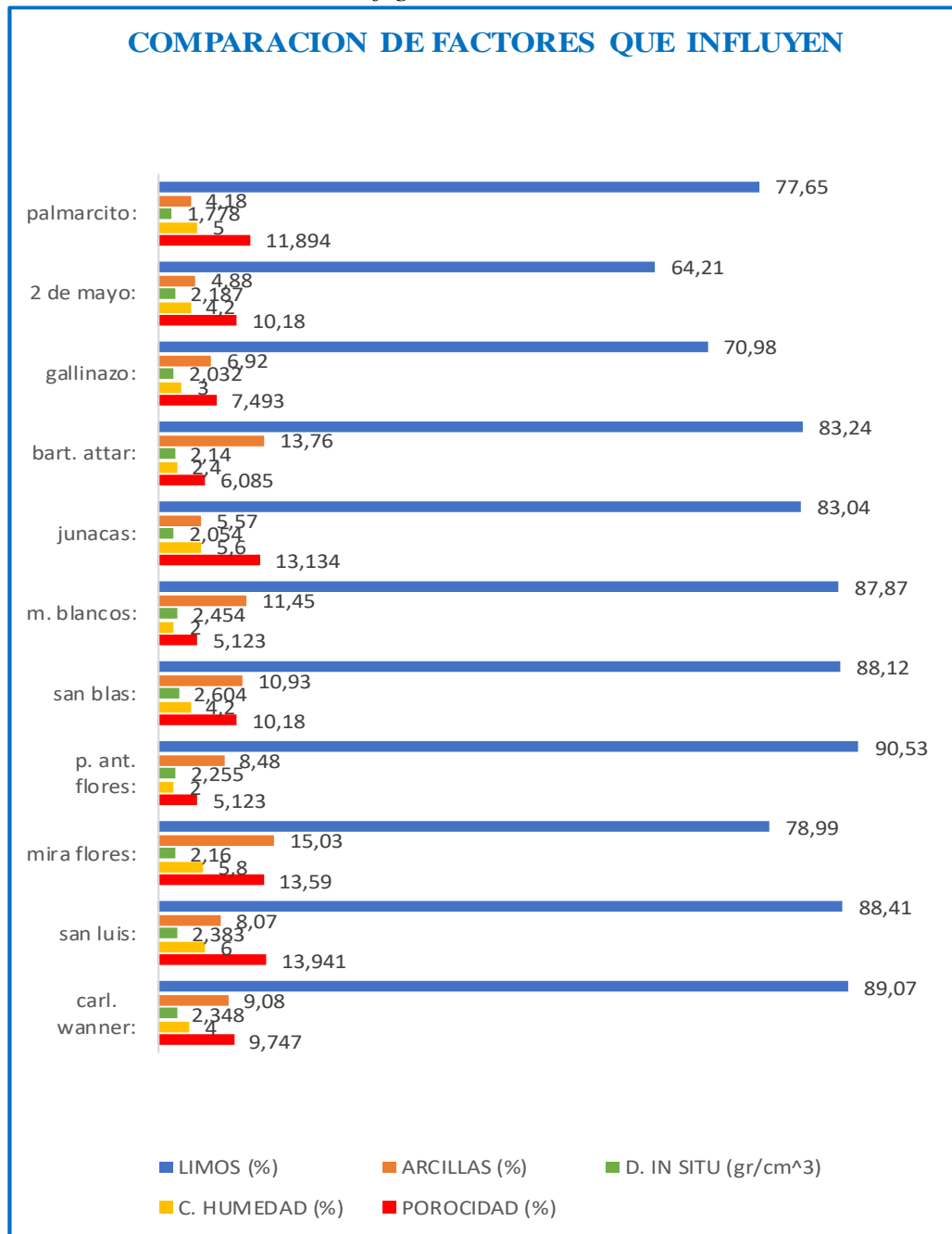
- D.I.=** densidad in situ
- R.V.=** relacion de vacios
- POR.=** porosidad
- CONT.H.=** contenido de humedad
- 'K' IN SITU=** permeabilidad en campo
- 'K' LAB.=** permeabilidad en laboratorio

figura: 4,24



Fuente:Elaboracion propia

figura: 4,25



Fuente:Elaboracion propia

Llegando a una comparación mediante nuestras figuras realizadas de los diferentes clases de suelos que obtuvimos en la clasificación las cuales son (MH: ML: CL: CH). Se puede ver muy claramente en nuestras tablas de comparación. (*Ver figura 4.18:4.20:4.22:4.24:*). Que los resultados que predominan con mayor infiltración en nuestra investigación realizada, son las del laboratorio, con una mayor permeabilidad con respecto a la permeabilidad in situ.

Con esto vamos dando validez a lo analizado teóricamente pero con nuestros resultados reales.

Por otra parte los factores que ocasionan que la permeabilidad del coeficiente ‘K’ sean distintos uno del otro aun perteneciendo a la misma clase de suelo. (*Ver figura. 4.19:4.21:4.23:4.25.*).

- Se pudo comprobar que los suelos con alto porcentajes de limos y arcillas tienen más capacidad de retención de agua.

Pudiendo verificar lo afirmado en las tablas de comparación. Que los barrios con mayor porcentajes de limos y arcillas su coeficiente de permeabilidad ‘K’ es mayor, y los barrios con menor porcentaje, su coeficiente de permeabilidad ‘K’ es bajo.

- Otro factor que se puede visualizar en nuestras tablas de comparación. (*Ver figura. 4.19:4.21:4.23:4.25*) es el contenido de humedad.

Los barrios con mayor contenido de humedad hace que suba el coeficiente de permeabilidad ‘K’ y los de menor porcentaje su coeficiente ‘K’ es menor ya que el suelo cuando su contenido de humedad es mayor el flujo del agua circula con mayor facilidad con la ayuda de la gravedad

- Por último la porosidad que está en función de la relación de vacíos, y la densidad in situ también otros de los factores que afecta a este coeficiente se logra ver en nuestras tablas que la mayoría de los barrios tienen un porcentaje de porosidad muy variado y nunca igual uno del otro que hace que el coeficiente ‘K’ disminuya en unos y aumente en otros esto dependiendo de su tortuosidad de sus venas o en líneas rectas,

Con esta comparación se pudo ver que si un factor de influencia, no logra afectar al coeficiente ‘K’ lo hará el otro factor en perjuicio al coeficiente.

Pudimos comprobar con la ayuda de nuestras tablas que todo lo escrito en nuestro análisis teórico, se llegó a dar validez con nuestros resultados reales obtenidos en nuestros ensayos in situ y en laboratorio.

Se hizo una comparación global de los cuatro suelos por el motivo que todos los resultados obtenidos son afectados por los mismos factores mencionados durante la comparación.

Es por el cual es muy imprescindible poder querer llegar a un mismo resultado igualitario tanto in situ y el laboratorio aun siendo de un mismo tipo de suelo en su estado natural y conociendo sus características del mismo.

Por los motivos explicados y comprobados en la presente investigación.

Con nuestro análisis y comparación que realizamos se pudo constatar que el valor a considerar confiable y optimo siempre será la de (in situ).

Recalcando nuevamente que todos nuestros resultados son certeros por que entran en los rangos de la permeabilidad para suelos finos (*Ver figura 4.17*).

Pero sin embargo el de mayor confiabilidad para el investigador es la de (in situ) por todos los argumentos explicados en la presente tesis.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Luego de analizar y comparar los resultados de los ensayos in situ y laboratorio realizados, las principales conclusiones obtenidas de éstos se presentan a continuación. Cabe notar que estas conclusiones se basan en los ensayos realizados y suelos clasificados obtenidos en nuestra investigación.

- En el presente proyecto de investigación se cumplió el objetivo planteado de analizar y comparar los resultados obtenidos en nuestro laboratorio e in situ. Se demostró prácticamente que la permeabilidad en laboratorio es superior al de in situ, en todos nuestros ensayos realizados debido a los factores que influyen ya explicados anteriormente.
- No se cumplió con el objetivo de encontrar un factor de corrección que iguale el resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del laboratorio con el de in situ aun perteneciendo a una misma clase de suelo fino, ya que ambos resultados no son asociables como se demostró en las correlaciones realizadas en nuestra investigación
- Por otra parte se pudo constatar teórica y prácticamente que las permeabilidades en laboratorio e in situ son **determinadas** (que es uno en particular y con características muy bien definidas).
- Mediante el análisis y comparación que se realizó en gráficos y tablas de nuestros resultados obtenidos se pudo ver que los factores que influyen en el coeficiente permeabilidad “K” tanto en situ y laboratorio, son muy

independientes en el momento de su influencia. Esto quiere decir que si un factor no actúa en perjuicio del coeficiente ‘‘K’’ lo hará el otro factor siguiente.

- Nuestros coeficientes de permeabilidad ‘‘K’’ obtenidos en laboratorio e in situ entran en los rango aceptables de la tabla de coeficiente de permeabilidad ‘‘K’’. Dentro los parámetros de 10^{-4} y 10^{-6} cm/s (*Ver figura 4.17.*) Que significa que la infiltración en nuestros suelos finos de estudio es muy ‘‘pobre’’.
- La permeabilidad se vio afectada fuertemente por la densidad en los ensayos realizados en los suelos de estudio.
- La permeabilidad en laboratorio se comprobó que arrastra una variedad de alteraciones por el extractor de muestras que implica que sus resultados obtenidos sean muy altos a comparación al de in situ como ya se vio en la presente tesis.
- La permeabilidad de los suelos varía de acuerdo a la naturaleza del mismo, su granulometría, ambiente de depósito, humedad volumétrica, succión, su tortuosidad y temperatura ambiente.
- El permeámetro diseñado de carga variable para el laboratorio es de bajo costo y puede ser utilizado en cualquier área para conocer las permeabilidades de cualquier suelo.
- El método y el permeámetro de guelph es muy eficaz y de fácil uso, muy cómodo para trasladar al sitio y más confiable para la obtención de datos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante distinguir cuál es la utilidad que se le dará al valor de permeabilidad que se obtenga, de esto depende la elección del método adecuado para su determinación. Se recomienda utilizar el método propuesto en este trabajo de tesis para medir la permeabilidad del suelo en campo y en laboratorio se puede realizar con el permeámetro diseñado usando muestras inalteradas de suelo.
- El llenado del pozo de ensayo in situ que se realiza con el permeámetro de guelp a diferente carga de altura es importante controlar que no rebalsé al proceso de cambiar su altura de carga (10 cm y 5cm).
- Es necesario que el trabajo de labrado se ejecute con cuidado y sin generar esfuerzos tangenciales al suelo, ya que esto produce que la muestra se fracture y se pierda su acomodo natural.
- El traslado de la muestra debe de ser siempre en la posición de extracción, es decir vertical, ya que cualquier movimiento brusco podría ocasionar su desintegración principalmente en suelos con bajo contenido de humedad y no plásticos.
- En el permeámetro de carga variable es conveniente no llenar a mucha altura de agua el tubo de aporte por el motivo que a mayor altura de carga comienza a crear en la muestra tubificaciones y obtenemos resultados erróneos.