



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE  
DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA  
LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN  
PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

---

**AUTORA:** Vanessa Nathaly Hernández Carvajal

**TUTOR:** Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán, Ph. D

**AMBATO – ECUADOR**

**Agosto – 2023**

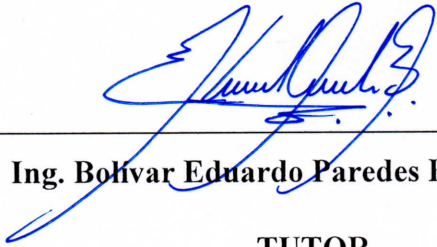
## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema “**ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, elaborado por la Srta. Vanessa Nathaly Hernández Carvajal, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805311709, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2023



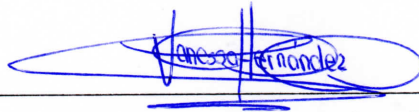
---

**Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán Ph. D**  
**TUTOR**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Vanessa Nathaly Hernández Carvajal**, con C.I. 1805311709 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el desarrollo del presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los gráficos, análisis, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2023



---

**Vanessa Nathaly Hernández Carvajal**

**C.I. 1805311709**

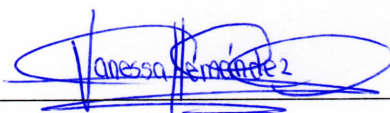
**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2023



**Vanessa Nathaly Hernández Carvajal**

**C.I. 1805311709**

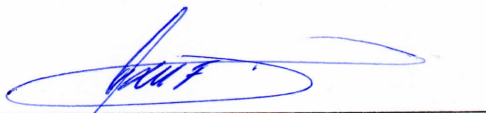
**AUTORA**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Vanessa Nathaly Hernández Carvajal de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema “ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES, UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

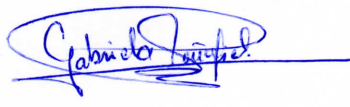
Ambato, agosto 2023

Para constancia firman:



---

Ing. Alex Xavier Frías Torres, Mg.  
MIEMBRO CALIFICADOR



---

Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla, Mg.  
MIEMBRO CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo experimental está dedicado a mi padre, quien con su apoyo, amor y cariño ha sido el pilar fundamental en mi vida. El cual me ha demostrado que con esfuerzo y perseverancia puedo alcanzar todas las metas que me proponga.

A mi madre, mi amiga incondicional, quien siempre me ha apoyado y motivado a seguir adelante, quién ha demostrado que siempre se puede salir de cualquier situación, por más difícil que parezca, y quien nunca permitió que me aleje del camino de Dios.

A mis hermanos, quienes estuvieron conmigo durante todo este camino, apoyándome y alentándome siempre.

A mis sobrinos, Josué, Doménica, Sarahí y Sofía.

**Vanessa Hernández**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la oportunidad de estudiar y formarme profesionalmente, por darme mucha fuerza para día a día cumplir mis objetivos.

A mis padres, Manuel y Dolores, por estar a mi lado siempre, brindándome palabras de aliento, motivación y consejos sabios. Su presencia constante y su fe en mis capacidades han sido un impulso para seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes. Su comprensión y apoyo emocional me han dado fuerzas para enfrentar los desafíos y superar las dificultades que surgieron en el camino. Hoy, con la finalización de una etapa académica más, quiero agradecerles por el amor y apoyo, han sido el pilar en el que me he apoyado en esta travesía. No puedo expresar con palabras lo agradecida que estoy por tener unos padres tan maravillosos. Este logro también es de ustedes.

A mi hermana Diana, quien siempre confió en mí y nunca soltó mi mano en el momento más difícil de mi vida.

A mi hermano Israel, por la confianza y motivación al momento de escoger mi carrera universitaria.

A mis amigos, Kari, Romel, Carlita y Karen, por brindarme su cariño, apoyo y hacer este camino un poco más fácil y divertido.

Al Sr. Héctor Chiluisa, propietario de la Mina Los Moelles, quién amablemente me permitió obtener los materiales necesarios para realizar mi trabajo de titulación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, especialmente al Ing. Eduardo Paredes; quien ha sido parte fundamental para el desarrollo de este trabajo, quien con su conocimiento y apoyo ha permitido que lo culmine con éxito.

A la Universidad Técnica de Ambato, por abrirme las puertas y permitir formarme en esta honorable institución.

**Vanessa Hernández**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b> .....	iii
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	iv
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	1
<b>1.1 Antecedentes Investigativos</b> .....	1
<b>1.2 Justificación</b> .....	8
<b>1.3 Objetivos</b> .....	10
<b>1.3.1. Objetivo general</b> .....	10
<b>1.3.2. Objetivos Específicos</b> .....	10
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA</b> .....	11
<b>2.1 Materiales</b> .....	11
<b>2.2 Métodos</b> .....	16
<b>2.2.1. Etapa I. Extracción de muestras</b> .....	16
<b>2.2.2 Etapa II. Determinación de las propiedades físicas de los agregados</b> .....	17
<b>2.2.3 Etapa III. Coeficiente de Permeabilidad</b> .....	26
<b>2.2.4 Etapaa IV. Combinaciones de Drenaje</b> .....	31
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	34
<b>3.1. Resultados</b> .....	34
<b>3.1.1. Ubicación del Proyecto</b> .....	34
<b>3.1.2. Determinación de las propiedades físicas de los agregados</b> .....	35
<b>3.1.3. Coeficiente de Permeabilidad</b> .....	37
<b>3.1.4. Combinaciones de Drenaje</b> .....	38
<b>3.2. Discusión de Resultados</b> .....	39
<b>3.2.1. Determinación de las propiedades físicas de los agregados</b> .....	39
<b>3.2.2. Coeficiente de Permeabilidad</b> .....	41



<b>3.2.3. Combinaciones de Drenaje</b> .....	41
<b>3.3. Verificación de la Hipótesis</b> .....	43
<b>3.3.1. Hipótesis de trabajo</b> .....	43
<b>3.3.2. Hipótesis Nula</b> .....	43
<b>3.3.3. Discusión de resultados de la hipótesis</b> .....	43
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	44
<b>4.1. CONCLUSIONES</b> .....	44
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>MATERIALES DE REFERENCIA</b> .....	47
<b>ANEXOS</b> .....	50
<b>ANEXO FOTOGRÁFICO</b> .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Materiales usados en la práctica.....	11
<b>Tabla 2.</b> Equipos y materiales para propiedades del suelo.....	11
<b>Tabla 3.</b> Equipos y materiales para coeficiente de permeabilidad .....	13
<b>Tabla 4.</b> Equipos y materiales para combinaciones de drenaje.....	15
<b>Tabla 5.</b> Formato de Contenido de Humedad .....	18
<b>Tabla 6.</b> Formato de Límite Líquido .....	21
<b>Tabla 7.</b> Formato de Límite Plástico .....	23
<b>Tabla 8.</b> Formato de granulometría .....	25
<b>Tabla 9.</b> Formato de Coeficiente de Permeabilidad .....	28
<b>Tabla 10.</b> Rangos de Permeabilidad.....	28
<b>Tabla 11.</b> Valores típicos de permeabilidad .....	29
<b>Tabla 12.</b> Coeficiente de Permeabilidad .....	30
<b>Tabla 13.</b> Formato de Permeabilidad-Drenaje .....	33
<b>Tabla 14.</b> Coordenadas del Proyecto.....	34
<b>Tabla 15.</b> Contenido de Humedad.....	35
<b>Tabla 16.</b> Análisis Granulométrico .....	36
<b>Tabla 17.</b> Límites de Atterberg .....	37
<b>Tabla 18.</b> Coeficiente de Permeabilidad .....	37
<b>Tabla 19.</b> Combinaciones de Drenaje .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Puntos de extracción de muestras .....	17
<b>Figura 2.</b> Muestra de suelo en la copa de Casagrande. ....	20
<b>Figura 3.</b> Muestra del suelo después del ensayo .....	21
<b>Figura 4.</b> Índice de Plasticidad.....	22
<b>Figura 5.</b> Equipo y materiales para Límite Plástico .....	22
<b>Figura 6.</b> Ensayo de granulometría con tamices .....	24
<b>Figura 7.</b> Ubicación del Proyecto.....	34

## RESUMEN EJECUTIVO

Debido a la diversidad de vacíos, tamaño y formas, así como la compleja distribución del suelo, el flujo de agua a través de su masa es más complicada que en un tubo u orificio. Para facilitar el drenaje, es preferible contar con un suelo permeable.

Este estudio determinó las propiedades físicas del suelo, como son: Contenido de Humedad, Límites de Atterberg y Granulometría, mismos que arrojaron, mediante el método AASHTO, el suelo se clasifica como Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas A-2-4 (0), mientras que, por el método SUCS las muestras de suelo 1, 3 y 4 se clasifican como arena mal graduada con limo con grava SP-SM, la muestra 2 como arena mal graduada SP y la muestra 5 como arena mal graduada con limo SP-SM.

Para este fin, se utilizó un permeámetro de drenaje de carga constante, para determinar el coeficiente de permeabilidad de la grava, arena y limo de cada muestra. Los resultados obtenidos señalan que el agregado grueso posee un grado de permeabilidad elevada; el agregado fino, un grado de permeabilidad media; y el limo, un grado de permeabilidad bajo.

Finalmente, se llevó a cabo diferentes combinaciones con distintos porcentajes de agregados, concluyendo que la mezcla más eficiente contiene grava gruesa, arena y grava fina, con un grado de permeabilidad medio, encontrándose dentro del rango de suelos permeables según lo establecido por la FAO.

**Palabras claves:** Coeficiente de permeabilidad, agregados pétreos, drenaje.

## ABSTRACT

Due to the diversity of voids, sizes and shapes, as well as the complex distribution of the soil, the flow of water through its mass is more complicated than through a tube or hole. To facilitate drainage, it is preferable to have a permeable soil.

This study determined the physical properties of the soil, such as: Moisture Content, Atterberg Limits, and Granulometry. Using the AASHTO method, the soil is classified as Gravels and Silty or Clay Sands A-2-4 (0), while, by the SUCS method, soil samples 1, 3, and 4 are classified as poorly graded sand with silt with SP-SM gravel, sample 2 as poorly graded sand SP, and sample 5 as Poorly graded sand with SP-SM silt.

For this purpose, a constant head drainage permeameter was used to determine the coefficient of permeability of the gravel, sand and silt of each sample. The results obtained indicate that the coarse aggregate has a high degree of permeability; the fine aggregate, a degree of medium permeability; and silt, a low degree of permeability.

Finally, different combinations with different percentages of aggregates were carried out, concluding that the most efficient mixture contains coarse gravel, sand and fine gravel, with a medium degree of permeability, being within the range of permeable soils as established by the FAO.

**Keywords:** Permeability coefficient, stone aggregates, drainage.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

El coeficiente de permeabilidad de los agregados pétreos depende del tamaño, la forma y la distribución de las partículas en la mezcla. Los agregados con partículas grandes y espacios vacíos entre ellos presentarán una mayor permeabilidad en comparación con aquellos con partículas más pequeñas y compactas. Esta propiedad es crucial para garantizar que los materiales utilizados en la construcción permitan el flujo de agua y aire, evitando así la acumulación de humedad y previniendo problemas como la erosión y el deterioro de las estructuras. Esta característica puede ser determinada mediante pruebas de laboratorio que miden la velocidad de flujo de líquidos a través de una muestra de agregados, y mediante pruebas in situ para evaluar la permeabilidad de los agregados en su ubicación natural o en el lugar donde se utilizarán en una aplicación específica. La literatura disponible acerca de la permeabilidad proporciona información valiosa en este aspecto y se detalla a continuación:

- Durante la segunda mitad del siglo XIX, el ingeniero hidráulico Henry Darcy llevó a cabo los primeros estudios sistemáticos sobre permeabilidad, centrándose en el movimiento del agua a través de medios porosos. En 1856, Darcy publicó su trabajo, el cual describía experimentos sobre el flujo de agua en filtros de arena no consolidada utilizados en el procesamiento diario de agua potable en Dijon, Francia. Para llevar a cabo estos experimentos, midió la permeabilidad en función de la velocidad del flujo de agua a través del suelo durante un período determinado. El coeficiente resultante, representado comúnmente por la letra “k”, es una característica intrínseca de los suelos, estrechamente relacionada con la ley de Darcy. Es importante destacar que este coeficiente varía significativamente según el tipo de suelo, por lo que su correcta determinación resulta fundamental para la toma de decisiones en diversos problemas de ingeniería civil. (Christian Loyola, Juan Rivas y María Gacitúa, 2014). [1]
- En su libro “*Mecánica de Suelos Tomo I*”, Juárez Badillo y Rico Rodríguez explican que la permeabilidad está influenciada por diversos factores inherentes al suelo y a las características del agua circulante. Los principales factores son los siguientes: [2]

- *Relación de vacíos:* Para analizar la permeabilidad, se deben adoptar hipótesis simplificadas que permitan obtener conclusiones cualitativamente correctas. Es importante tener en cuenta la relación de vacíos del suelo en el análisis. [2]
- *Temperatura del agua:* Para poder comparar los resultados de las pruebas de permeabilidad, es conveniente referirlos a una temperatura constante, generalmente a 20°C. Aunque la variación del peso específico del agua con la temperatura es mínima en comparación con el cambio de viscosidad. [2]
- *Estructura y estratigrafía del suelo:* Los suelos pueden tener diferentes permeabilidades incluso cuando tienen la misma relación de vacíos. Esto se debe a cambios en la estructura y estratificación del suelo, así como a una combinación de ambos factores. Es importante considerar las variaciones en la permeabilidad debido a la presencia de partículas sueltas en el suelo que pueden obstruir los canales de flujo de agua. También es necesario determinar el coeficiente de permeabilidad en dirección paralela y normal a los planos de estratificación, ya que la mayoría de los suelos son estratificados. [2]
- *Existencia de agujeros y fisuras en el suelo:* Los suelos pueden experimentar cambios en sus características de permeabilidad debido a heladas, ciclos de humedecimientos y secado, vegetación y organismos pequeños, entre otros factores. Estos cambios pueden convertir incluso a la arcilla más impermeable en un material poroso. Aunque este efecto suele tener poca importancia en obras de ingeniería, puede ser relevante en problemas agrícolas. [2]
- Por otro lado, según Karl Terzaghi y Peck en el año 1967, un material se considera permeable cuando contiene vacíos continuos. Estos vacíos existen en todos los suelos, incluso en las arcillas más compactas, y en todos los materiales de construcción no metálicos, como el granito y la pasta de cemento. La circulación de agua a través de estos materiales sigue leyes similares, por lo que la diferencia entre una arena limpia y un granito sólido es principalmente una cuestión de magnitud en este concepto. [3]
- Asimismo, Bigelow en 1995, sostiene que la permeabilidad es una propiedad intrínseca de las rocas que refleja su capacidad para transmitir fluidos a través

del espacio poroso. Esta propiedad puede ser determinada mediante análisis de laboratorio de muestras de núcleos o mediante pruebas de yacimientos, aplicando presión al sistema roca-fluido para obtener una medida directa a través de la Ley de Darcy. [4]

- De la misma forma, V. Pedroza, M. Gutiérrez, J. Roux, E. Hernández y J. Vásquez, en su investigación “*Estudio comparativo del coeficiente de permeabilidad en muestras de la Formación Río Pedregoso*” afirman que la permeabilidad primaria es una propiedad petrofísica que posee la roca, la cual evalúa la capacidad que tiene un medio poroso para permitir que los fluidos se muevan a través de él. La estimación de la permeabilidad en rocas sedimentarias es un parámetro esencial para predecir el potencial de generación de energía geotérmica de fluidos que circulan a gran profundidad y puede calcularse a partir de métodos directos e indirectos. A partir de los datos de asimetría, curtosis, selección, porosidad, densidad y absorción de cada una de las muestras, se realizó un análisis estadístico de correspondencia canónica en el cual se analizó la relación de la influencia de los parámetros mencionados con la permeabilidad y se establece desde el punto de vista de las propiedades de las rocas la influencia directa de la distribución de los tamaños del grano en el grado de porosidad y permeabilidad de las facies identificadas en la Formación Río Pedregoso. Los valores del coeficiente de permeabilidad utilizando en Permeámetro Tinyperm oscilan entre  $10^{-1}$  m/s y  $10^{-3}$  m/s, lo que señaló que las muestras analizadas son un tipo de suelo semipermeable; mientras que los valores del coeficiente de permeabilidad utilizando un Permeámetro de Carga Constante oscilan entre  $10^{-1}$  m/s y  $10^{-5}$  m/s, lo que indicó que el suelo analizado va de ser semipermeable a casi impermeable. [5]
- Adicionalmente, Patricio Puga, en su investigación “*Estudio Experimental del Coeficiente de Permeabilidad en Arenas*” trabajó con tres tipos de ensayos de laboratorio, permeámetro de carga constante, ensayo edométrico y ensayo de consolidación con equipo triaxial. Las muestras de suelo fueron sometidas a cargas hidráulicas por medio de diferencias de altura a presión, a tensiones producidas por sobrecargas y tensiones efectivas producto de presión de cámara. Este estudio se realizó en base a densidades relativas sueltas y medianamente densas en arena proveniente del lecho del río Bío Bío y arena proveniente de la



ciudad de Concepción. Se realizó un análisis en la influencia de las cargas aplicadas en la determinación del coeficiente de permeabilidad. Así como también la influencia de parámetros geotécnicos como son la porosidad, índice de vacíos, diámetros de las partículas, etc. Los valores del coeficiente de permeabilidad oscilan entre  $10^{-3}$  m/s y  $10^{-4}$  m/s, lo que indicó que el suelo analizado tiene un grado de permeabilidad bajo, con una mala propiedad de drenaje, esto es debido a la aplicación de la carga hidráulica con flujo ascendente y descendente, lo cual se realizó para verificar la influencia de la energía gravitacional sobre la permeabilidad del suelo, así como de la velocidad de flujo que atraviesa la muestra arenosa. [6]

- Por otro lado, A. García Alarcón, en su estudio “*Comparativa entre permeabilidades de arenas preparadas con diferentes densidades mediante el permeámetro de carga constante*” señala que el objetivo principal fue comparar el coeficiente de permeabilidad en diferentes muestras preparadas con distintas densidades. Para ello se comenzó caracterizando la muestra, mediante un análisis granulométrico del que se obtuvo la curva granulométrica de la arena. Tras realizar una criba y quedarse con la muestra que quedó entre los tamices de luz 0,63 mm y 0,200 mm se determinaron los valores de densidad relativa de las partículas, densidad máxima y densidad mínima. Cabe destacar que la densidad máxima fue calculada mediante dos métodos, el primero de ellos usando el vibrador y el segundo simulando el ensayo de compactación Proctor Modificado. El valor del coeficiente de permeabilidad obtenido de los ensayos con densidad máxima fue de  $1,63 \times 10^{-4}$  m/s; mientras que el coeficiente de permeabilidad de los ensayos con densidad mínima fue de  $3,76 \times 10^{-4}$  m/s, lo que indicó que la muestra de suelo estudiada tiene un grado de permeabilidad bajo, esto señaló que a medida que disminuye la densidad aparente de la muestra, el coeficiente de permeabilidad aumenta y viceversa. [7]
- De la misma forma, el artículo de investigación “*Estimación del coeficiente de permeabilidad del suelo en la ciudad de Macas-Ecuador utilizando permeámetro de carga variable*” realizado por Christian Camacho, Nancy Zabala y Yetzabel Flores, sostiene que las muestras obtenidas en el perímetro de crecimiento urbano de la ciudad de Macas presentan valores de coeficiente de permeabilidad entre  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  cm/s, además muestran un rango de porosidad

entre 30 y 70% con una tendencia lineal cercana a 55%, y un índice de vacíos en un rango de 0,4 y 2,3; este conjunto de parámetros hidrogeológicos representados gráficamente son característicos de depósitos no consolidados con tamaño de grano fino, definiendo al sustrato litológico con una baja conductividad hidráulica pero alta capacidad de saturación, lo que podría ocasionar un problema geotécnico relacionado con suelos expansivos durante el desarrollo o implementación de obras ingenieriles que hacen necesaria la modificación del suelo para su correcto funcionamiento. [8]

- Por su parte, M. Chamba, E. Bailon, D. Calva, M. Chamba y E. Vásquez en su investigación “*Caracterizaciones físico-mecánicas de las arcillas de Loja y Azuay con fines de impermeabilización de reservorios*” afirman que el uso de las arcillas como material de construcción de embalses, constituye un recurso mineral importante en el manejo adecuado y aprovechamiento eficiente del agua. El objetivo fue analizar las características físico-mecánico del suelo de las formaciones: El Valle, Changaimina (Loja) y Susudel (Azuay) con fines de impermeabilización de reservorios, se realizaron ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor Modificado, densidad y permeabilidad. Los resultados permitieron identificar al suelo de Susudel como limo-arcilloso, con valores de arcilla mayores a 36%, actividad entre 0,46 a 1,50; coeficiente de permeabilidad de  $10^{-6}$  y  $10^{-7}$  cm/s a 0,10 y 0.20 m de profundidad respectivamente. En conclusión, el suelo de Susudel presentó características físico-mecánicas adecuadas, debido a la actividad de la arcilla que se identifica como montmorillonita o arcilla activa que permite la estanqueidad del agua y evita filtraciones. [9]

A lo largo del tiempo, se han logrado avances significativos en el campo de la hidrología urbana gracias al análisis de las interacciones entre la ciudad y el ciclo del agua. (Torres, 2004). [11]. Como resultado, surgieron los Sistemas Urbanos de Drenaje como una alternativa al drenaje convencional de aguas pluviales, tanto en Europa como en Estados Unidos a principio de la década de 1980. El propósito fundamental de estos sistemas es minimizar los impactos en el ciclo hidrológico derivados del desarrollo urbano y cambiar el paradigma de considerar las aguas pluviales como un problema molesto que debe ser eliminado rápidamente, capturándolas y evacuándolas aguas abajo. (Ciria, 2007). [12]

Uno de los impactos más significativos del desarrollo urbanístico es el incremento de áreas impermeables y la deforestación, lo cual conlleva a una reducción en la capacidad de infiltración, retención, evaporación y transpiración del agua lluvia. Por otro lado, la alteración en la topografía y el aumento de áreas con baja rugosidad ocasionan un incremento en la velocidad de la escorrentía, y todos estos cambios se traducen en un aumento en la probabilidad de inundaciones al superar la capacidad y tiempo de drenaje (Ciria, 2007). [12]

En este contexto, Máximo Villón Béjar (2006) señala que la palabra “drenaje”, en términos generales, se refiere a la descarga o remoción de los excesos de agua. Estos excesos pueden presentarse en diversas situaciones, lo que da lugar al drenaje de casas, urbanizaciones, carreteras, entre otros casos. [13]

El drenaje superficial cumple la función de eliminar el exceso de agua en la superficie del terreno mediante una red de canales poco profundos que recogen la escorrentía superficial y la conducen hacia drenes colectores y secundarios. La necesidad de implementar un sistema de drenaje superficial surge debido a diversas condiciones hidrológicas, las características del suelo, la topografía y el uso de la tierra, lo que conduce a que el agua permanezca en la superficie del suelo durante un tiempo prolongado, excediendo la capacidad de tolerancia de los cultivos y provocando efectos negativos en su rendimiento y supervivencia. [13]

Es importante destacar que un drenaje deficiente tiene un impacto significativo en las propiedades físicas del suelo, ya que el exceso de humedad reduce la aireación en la zona radicular, afectando aspectos como la estructura, la textura, la temperatura y la permeabilidad. Por otro lado, la mejora del drenaje, conlleva un aumento en la permeabilidad del suelo, debido a la formación de grietas causadas por la alternancia de estados secos y húmedos, así como a una mayor penetración de las raíces. Este efecto de mejora en la permeabilidad se ve especialmente acentuado en terrenos arcillosos. [11]

En cuanto a la capacidad de filtración de los agregados pétreos, esta se refiere a su capacidad para permitir el paso del agua a través de ellos. Esta propiedad adquiere importancia en la construcción de carreteras, pavimentos, muros de contención y otras estructuras similares que requieren drenaje. La capacidad de filtración depende de

varios factores, como la forma, tamaño, textura y porosidad de las partículas presentes en los agregados. Por lo general, los agregados pétreos con partículas más grandes y con una mayor porosidad presentan una capacidad de drenaje más alta. Sin embargo, es crucial tener en cuenta la cantidad de finos presentes en los agregados, ya que estos pueden obstruir los poros y reducir la capacidad de drenaje. Por esta razón, resulta fundamental establecer límites para la cantidad máxima de finos permitida en los agregados utilizados en la construcción. [14]

De esta manera, es posible evaluar la capacidad de drenaje de los agregados pétreos mediante pruebas de laboratorio utilizando equipos especializados como el permeámetro de carga constante o el permeámetro de carga variable. Estas pruebas brindan la posibilidad de determinar la velocidad de flujo de agua a través del material y, por consiguiente, evaluar su capacidad de drenaje. Estas mediciones son fundamentales para comprender el comportamiento hidráulico de los agregados y garantizar su adecuado desempeño en proyectos de ingeniería civil. [15]

Un permeámetro es un instrumento utilizado para medir el coeficiente de permeabilidad de un suelo o material. Existen permeámetro de carga constante o permeámetro de carga variable, dependiendo de su funcionamiento. En el presente trabajo se ha utilizado el permeámetro de drenaje, el cual determina experimentalmente la velocidad de flujo de agua a través de un suelo, permitiendo calcular su coeficiente de permeabilidad. Esto es especialmente relevante en obras civiles de drenaje, donde es crucial conocer la capacidad de drenaje de los materiales utilizados para un adecuado diseño de sistemas de drenaje y garantizar su correcto funcionamiento de las en obras como alcantarillas, zanjas de drenaje o sistemas de drenaje pluvial. [16]

## **1.2 Justificación**

La implementación de sistemas de drenaje y subdrenaje en obras civiles es de vital importancia para prevenir daños a las estructuras y asegurar su correcto funcionamiento en presencia de agua. El drenaje y el subdrenaje son métodos altamente eficientes para remediar y prevenir deslizamientos, y se utilizan ampliamente en la ingeniería civil. Existen diversos métodos de análisis y diseño que se basan en el estudio del flujo de agua, tanto superficial como en el subsuelo. [17]

Los métodos de estabilización de deslizamientos que incluyen el control del agua, tanto superficial como subterránea, son altamente efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención. Estos métodos desactivan la presión de poros, que se considera el principal factor desestabilizador de los taludes. [18]

El drenaje cumple una función importante al reducir el peso de la masa del suelo y, al mismo tiempo, aumentar su resistencia al disminuir la presión de poros. Además, la permeabilidad es propiedad del suelo que determina su capacidad para transmitir agua y aire. Cuanto más permeable sea el suelo, mayor será su capacidad de filtración. En algunos casos, ciertos suelos son tan permeables y la filtración es tan intensa que se requiere técnicas de construcción especiales para edificar sobre ellos. [19]

Existen varios procedimientos que permiten determinar la permeabilidad de los suelos tanto en dirección vertical como horizontal. Algunos de estos métodos son directos, ya que se basan en pruebas cuyo objetivo principal es medir dicho coeficiente. Entre estos métodos se encuentra el permeámetro de carga constante, el permeámetro de carga variable y la prueba directa de suelos in situ. Por otro lado, existen métodos indirectos que proporcionan información secundaria sobre la permeabilidad a través de pruebas y técnicas que inicialmente persiguen otros fines, como los cálculos basados en la curva granulométrica, la prueba de consolidación y la prueba horizontal de capilaridad. [20]

En la medida de lo posible, se recomienda estimar el coeficiente de permeabilidad a partir de pruebas directas, ya que son más precisas que otros procedimientos menos exactos. Dependiendo de las características de suelo en cuestión, se pueden utilizar

tres pruebas fundamentales: el permeámetro de carga constante, el permeámetro de carga variable y las pruebas in situ. [7]

En el contexto de esta investigación, se pretende determinar la capacidad filtración de los agregados pétreos provenientes de la mina “Los Moelles”, la cual es una de las minas más representativas de la provincia de Tungurahua en lo que respecta a obras civiles. Para lograr este objetivo, se llevará a cabo una caracterización de las propiedades físicas del material pétreo, incluyendo el contenido de humedad, el límite líquido, el límite plástico y análisis granulométrico. Además, se determinará el coeficiente de permeabilidad de cada muestra y de diversas combinaciones de los diferentes componentes granulométricos. Para llevar a cabo estas mediciones, se utilizará un permeámetro de drenaje de carga constante. Asimismo, se buscará identificar la combinación más eficiente de componentes para el drenaje de agregados pétreos provenientes de la mina “Los Moelles”.

Este estudio contribuirá al conocimiento en el campo de la permeabilidad de los suelos y su relación con el drenaje en obras civiles. Los resultados obtenidos tendrán aplicaciones prácticas al mejorar los diseños y la ejecución de obras en zonas que presenten condiciones similares de suelos permeables.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la capacidad filtrante de drenaje de los agregados pétreos provenientes de la mina Los Moelles, ubicada en la Parroquia San Andrés, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua, mediante la realización de ensayos de permeabilidad.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Seleccionar las muestras representativas de agregados pétreos provenientes de la mina Los Moelles, ubicada en la Parroquia San Andrés, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua.
- Analizar las propiedades físicas del suelo de las muestras de agregado pétreo provenientes de la mina Los Moelles, mediante la ejecución de ensayos de contenido de humedad, límite líquido, límite plástico y análisis granulométrico.
- Obtener el coeficiente de permeabilidad del agregado grueso, agregado fino y limo, de cada una de las muestras representativas provenientes de la mina Los Moelles, de la provincia de Tungurahua.
- Determinar mediante ensayos de permeabilidad, la combinación más eficiente de drenaje de los agregados pétreos de cada una de las muestras representativas provenientes de la mina Los Moelles, del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua, y que puedan ser utilizadas en diferentes obras civiles de drenaje.

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

Para la descripción de los materiales que se utilizó en el presente trabajo experimental, se realizó en base a los objetivos específicos antes mencionados.

#### Materiales para el cumplimiento del objetivo 1

**Objetivo:** Seleccionar las muestras representativas de agregados pétreos provenientes de la mina Los Moelles, ubicada en la Parroquia San Andrés, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua.

Este objetivo se basa en la recolección del material necesario que se utilizó para realizar los ensayos en el laboratorio.

Dentro de los materiales utilizados se detallan los siguientes:

**Tabla 1.** Materiales usados en la práctica

<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
Herramientas Menores	<b>Origen:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato.

**Fuente:** Autor

#### Materiales para el cumplimiento del objetivo 2

**Objetivo:** Analizar las propiedades físicas del suelo de las muestras de agregado pétreo provenientes de la mina Los Moelles, mediante la ejecución de ensayos de contenido de humedad, límite líquido, límite plástico y análisis granulométrico.

**Tabla 2.** Equipos y materiales para propiedades del suelo

<b>Ensayo</b>	<b>Normativa</b>	<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
Contenido de Humedad	AASHTO T-265 2015	Balanza Electrónica	Dispositivo utilizado para medir la masa o peso de un objeto, están equipadas con una pantalla digital que muestra el peso con mayor precisión.



<b>Ensayo</b>	<b>Normativa</b>	<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
			<p><b>Origen:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato.</p> <p><b>Geometría:</b> Cuadrado</p> <p><b>Marca:</b> Boeco</p> <p><b>Precisión:</b> 0,001 gr</p> <p><b>Capacidad:</b> 1000 gr</p>
		Agregados Pétreos	<p><b>Origen:</b> Mina Los Moelles</p> <p><b>Tipo:</b> Natural</p> <p><b>Peso:</b> 130 gr</p>
Análisis Granulométrico	AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63	Agregados Pétreos	<p><b>Origen:</b> Mina Los Moelles</p> <p><b>Tipo:</b> Natural</p> <p><b>Peso:</b> 1000 gr</p>
		Tamizadora Eléctrica	<p>Equipo utilizado para separar materiales en diferentes tamaños mediante la vibración y el tamizado.</p> <p><b>Origen:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato</p> <p><b>Marca:</b> Controls</p> <p><b>Capacidad:</b> 12 tamices</p> <p><b>Temporizador:</b> 15 min</p>
Límite Líquido	NTE INEN 691; ASTM D-4318-05	Agregados Pétreos	<p><b>Origen:</b> Mina Los Moelles</p> <p><b>Tipo:</b> Natural</p> <p><b>Peso:</b> 50 gr (Pasa el tamiz #40)</p>
		Copa de Casa Grande, horno.	<p><b>Origen:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos de la</p>

Ensayo	Normativa	Materiales	Descripción
			Universidad Técnica de Ambato <b>Material:</b> Metal, porcelana.
Límite Plástico	NTE INEN 691; ASTM D-4318-05	Agregados Pétreos	<b>Origen:</b> Mina Los Moelles <b>Tipo:</b> Natural <b>Peso:</b> 50 gr (Pasa el tamiz #40)
		Mortero, placa de vidrio, horno.	<b>Origen:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica de Ambato <b>Material:</b> Metal, porcelana, vidrio.

**Fuente:** Autor

### **Materiales para el cumplimiento del objetivo 3**

**Objetivo:** Obtener el coeficiente de permeabilidad del agregado grueso, agregado fino y limo, de cada una de las muestras representativas provenientes de la mina Los Moelles, de la provincia de Tungurahua.

**Tabla 3.** Equipos y materiales para coeficiente de permeabilidad

Ensayo	Normativa	Materiales	Descripción
Coeficiente de Permeabilidad	BS 1377-5 1990	Agua	<b>Origen:</b> Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Técnica de Ambato. <b>Cantidad:</b> 6 litros
		Permeámetro de Drenaje	Equipo que permite medir la permeabilidad de los materiales ante el paso de fluidos a través de ellos.

Ensayo	Normativa	Materiales	Descripción
			<p><b>Origen:</b> Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Técnica de Ambato</p> <p><b>Marca:</b> Edibon</p> <p><b>Material:</b> Perfiles de aluminio, panel de acero, metacrilato transparente de diámetro de 100 mm, filtros metálicos, depósitos de plástico,</p>
		Agregado Grueso	<p><b>Origen:</b> Mina Los Moelles</p> <p><b>Tipo:</b> Natural</p> <p><b>Tamaño:</b> Hasta el retenido en el tamiz #10</p> <p><b>Cantidad:</b> 5000 gr</p>
		Agregado Fino	<p><b>Origen:</b> Los Moelles</p> <p><b>Tipo:</b> Natural</p> <p><b>Tamaño:</b> Hasta el retenido en el tamiz #200</p> <p><b>Cantidad:</b> 5000 gr</p>
		Limo	<p><b>Origen:</b> Mina Los Moelles</p> <p><b>Tipo:</b> Natural</p> <p><b>Tamaño:</b> Pasa el tamiz #200</p> <p><b>Cantidad:</b> 5000 gr</p>

**Fuente:** Autor

#### **Materiales para el cumplimiento del objetivo 4**

**Objetivo:** Determinar mediante ensayos de permeabilidad, la combinación más eficiente de drenaje de los agregados pétreos de cada una de las muestras representativas provenientes de la mina Los Moelles, del Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua, y que puedan ser utilizadas en diferentes obras civiles de drenaje.

**Tabla 4.** Equipos y materiales para combinaciones de drenaje

<b>Ensayo</b>	<b>Normativa</b>	<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
Combinaciones de Drenaje	BS 1377-5 1990	Agua	<b>Origen:</b> Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Técnica de Ambato. <b>Cantidad:</b> 3 litros
		Permeámetro de Drenaje	<b>Origen:</b> Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Técnica de Ambato <b>Marca:</b> Edibon <b>Material:</b> Perfiles de aluminio, panel de acero, metacrilato transparente de diámetro de 100 mm, filtros metálicos, depósitos de plástico,
		Grava Gruesa	<b>Origen:</b> Mina Los Moelles <b>Tipo:</b> Natural <b>Tamaño:</b> Pasa el tamiz 3/8
		Arena	<b>Origen:</b> Los Moelles <b>Tipo:</b> Natural <b>Tamaño:</b> Hasta el retenido en el tamiz No. 200
		Grava Fina	<b>Origen:</b> Mina Los Moelles <b>Tipo:</b> Natural <b>Tamaño:</b> Hasta el retenido en el tamiz No. 10

**Fuente:** Autor

## **2.2 Métodos**

La metodología de la presente investigación se llevó a cabo en cuatro etapas secuenciales. En la Etapa I, se realizó una investigación documental mediante el uso de herramientas bibliográficas y sustentaciones teóricas. Esto permitió obtener una base de conocimientos sobre la capacidad filtrante de drenaje de los agregados pétreos provenientes de la mina Los Moelles. En la Etapa II, se procedió con la investigación de laboratorio, donde se realizaron diversos ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo. Estos ensayos proporcionaron información relevante para caracterizar adecuadamente los agregados pétreos y comprender su comportamiento en relación con la permeabilidad. La Etapa III estuvo dedicada a la investigación de laboratorio, específicamente enfocada en el ensayo de permeabilidad del suelo. Para esto, se utilizó el permeámetro de drenaje, una herramienta adecuada para medir la permeabilidad del suelo. Mediante este ensayo, se clasificó el suelo según su coeficiente de permeabilidad, lo que permitió evaluar su grado de permeabilidad. Finalmente, en la Etapa IV se recurrió nuevamente a herramientas bibliográficas y sustentaciones teóricas para establecer un marco de referencia. A continuación, se llevó a cabo la investigación de laboratorio para determinar la combinación más eficiente de los agregados pétreos. Esta etapa fue crucial para desarrollar un mecanismo de drenaje óptimo que pueda ser aplicado en diversas obras civiles. La secuencia de estas etapas garantizó un enfoque sistemático y riguroso para el estudio de la capacidad filtrante de drenaje de los agregados pétreos de la mina Los Moelles. Los resultados obtenidos contribuirán al conocimiento y proporcionarán directrices prácticas para el uso adecuado de estos agregados en proyectos de drenaje en obras civiles.

### **2.2.1. Etapa I. Extracción de muestras**

En este ítem se aplicó la investigación documental, mediante herramientas bibliográficas y sustentaciones teóricas, lo que permitió determinar el número de muestras que se tomaron, para ello se tomó como referencia la Norma Británica BS 1377-5: 1990 [21], la cual indicó que para realizar ensayos de permeabilidad eran necesarias 2 o más muestras; después de este análisis, mediante el programa Google Earth Pro, se realizó la distribución de puntos de donde se extrajo el material, estos fueron distribuidos de forma pentagonal, cubriendo toda la superficie minera y obteniendo una muestra representativa del sector.

Posteriormente se aplicó la investigación de campo, en donde se recolectó las muestras necesarias para ser ensayadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

**Figura 1.** Puntos de extracción de muestras



**Fuente:** Google Earth Pro

### **2.2.2 Etapa II. Determinación de las propiedades físicas de los agregados**

Este apartado corresponde a la investigación de laboratorio, donde se realizó diferentes ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo, las cuales son fundamentales para garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de las estructuras.

#### **Contenido de Humedad**

El método de ensayo consistió en determinar la cantidad de humedad natural que contiene una muestra de suelo, mediante un horno de secado. Esta propiedad es la más importante para establecer el comportamiento del suelo con sus propiedades físicas. [22]

#### **Procedimiento del ensayo de Contenido de Humedad:**

La práctica se realizó con dos ejemplares de cada muestra, empleando la balanza electrónica se pesó el recipiente metálico, dentro de estos se colocó alrededor de 70 gr de muestra húmeda, posteriormente se introdujo en el horno.

Las muestras permanecieron 24 horas secándose y finalmente se pesó el recipiente y la muestra seca, obteniendo así el contenido de humedad del suelo.

El contenido de agua del suelo se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

$$W_w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100$$

Donde:

W = Contenido de agua, en porcentaje

m<sub>1</sub> = Masa del recipiente, en gramos

m<sub>2</sub> = Masa del recipiente y el suelo húmedo, en gramos

m<sub>3</sub> = Masa del recipiente y el suelo seco, en gramos

**Tabla 5.** Formato de Contenido de Humedad

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b> 				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770719	9876365
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° Muestra:</b>	1	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA: AASHTO T - 265 2015</b>				
<b>N° de Recipiente</b>		<b>49</b>	<b>V2</b>	
Peso muestra húmeda + Recipiente (W <sub>m</sub> + W <sub>r</sub> ) [gr]				
Peso muestra seca + Recipiente (W <sub>s</sub> + W <sub>r</sub> ) [gr]				
Peso del Agua (W <sub>w</sub> ) [gr]				
Peso del Recipiente (W <sub>r</sub> ) [gr]				
Peso Muestra Seca (W <sub>s</sub> ) [gr]				
Contenido de Humedad (W%)				
<b>W% Promedio</b>				

**Fuente:** Autor

### Límites de Atterberg

Se utilizan para clasificar los suelos en base a su contenido de humedad y para entender su comportamiento frente al agua. Son importantes en la geotecnia y mecánica de suelos, y desempeñan un papel fundamental en el estudio y diseño de proyectos de

ingeniería civil, ya que evitan problemas como asentamientos, agrietamientos y otros efectos no deseados.

### **Límite Líquido**

Este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas. [23]

#### **Procedimiento del ensayo de Límite Líquido:**

Para llevar a cabo este ensayo se necesitó un aproximado de 300 gr de muestra de suelo que haya pasado el tamiz #40, la cual se colocó en un mortero de porcelana y se mezcló con un poco de agua hasta que alcance una consistencia que permita colocarla en la copa de Casagrande, una vez distribuida la muestra de manera uniforme, con la ayuda del acanalador se realizó una división que llegó hasta el fondo de la copa.

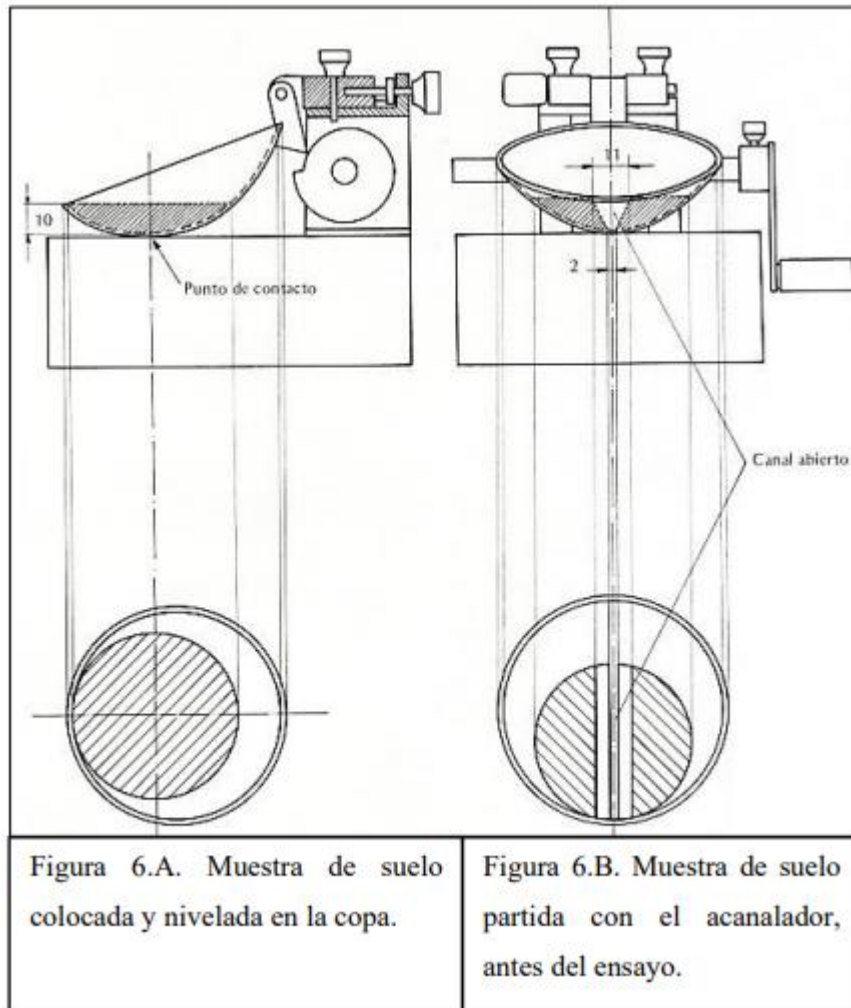
Una vez realizado este proceso, se enciende la copa de Casagrande hasta registrar el número de golpes en el que el suelo se une, los mismos que deben estar dentro de los siguientes intervalos: de 0 a 15, de 15 a 25, de 25 a 35 y de 35 a 45. El proceso se realizó tres veces con diferente nivel de humedad.

Finalmente se tomó la muestra de la parte en donde se unieron los lados separados por el canal, se pesaron, se colocaron en el horno y 24 horas después se obtuvo el contenido de humedad.

El límite líquido de la muestra de suelo ensayada se determina por la interpolación de la curva de flujo y está dado por el contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes en las ordenadas, el mismo que debe redondearse al número entero más cercano.

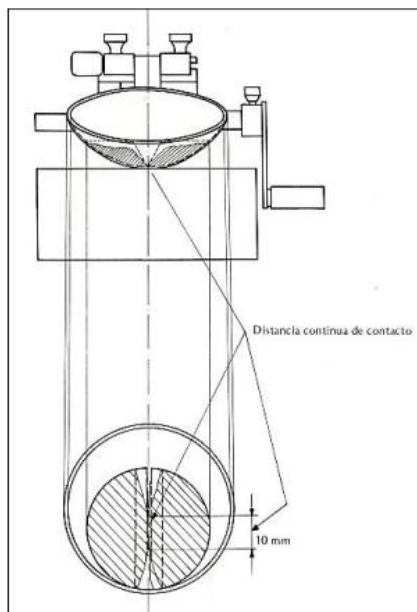


**Figura 2.** Muestra de suelo en la copa de Casagrande.



**Fuente:** Determinación del límite líquido método de Casagrande, INEN

**Figura 3.** Muestra del suelo después del ensayo



**Fuente:** Determinación del límite líquido método de Casagrande, INEN

**Tabla 6.** Formato de Límite Líquido

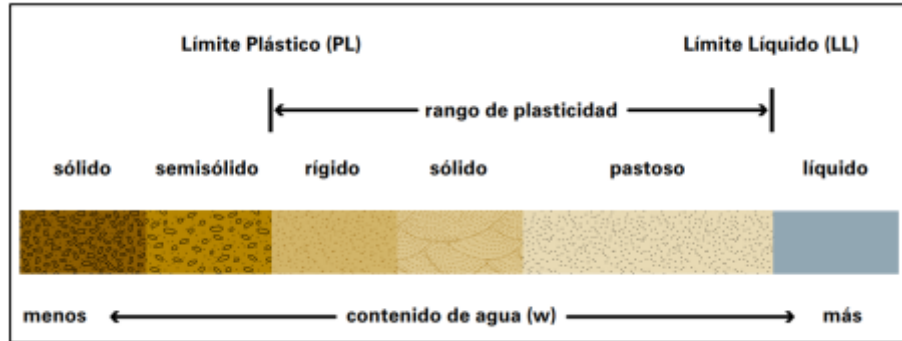
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG						
Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"								
Provincia:	Tungurahua	Coordenadas:	770719	9876365				
Cantón:	Píllaro	N° de Muestra:	1					
Parroquia:	San Andrés	Ensayado por:	Vanessa Hernández					
Vía:	Vía alterna a Píllaro	Revisado por:	Ing. Eduardo Paredes					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>								
Recipiente No.	Golpes	Peso Suelo Hum. + Rec.	Peso Suelo Seco + Rec.	Peso Recipiente	Peso del Agua	Peso de la Muestra Seca	W %	Promedio W%

**Fuente:** Autor

## Límite Plástico

Este método de ensayo se define como el porcentaje de humedad, comparado con el peso seco de la muestra, en el que un suelo cohesivo pasa de un estado semisólido a un estado plástico. [24]

**Figura 4.** Índice de Plasticidad



**Fuente:** Guía para la compactación de suelos, Caterpillar

## Procedimiento del ensayo de Límite Plástico:

Para el desarrollo de esta práctica se empleó aproximadamente 300 gr de suelo que pasó el tamiz No. 40, el cual se colocó en un mortero de porcelana, al que se le agregó pequeñas cantidades de agua hasta lograr una consistencia uniforme, posteriormente se colocó en la placa de vidrio y se formó pequeños rollos de 5cm de longitud y 3mm de diámetro.

Finalmente, se colocó la muestra en el horno y 24 horas después se determinó el contenido de humedad.

**Figura 5.** Equipo y materiales para Límite Plástico



**Fuente:** Autor

**Tabla 7.** Formato de Límite Plástico

LÍMITE PLÁSTICO							
NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05							
Recipiente No.	Peso Suelo Hum. + Rec.	Peso Suelo Seco + Rec.	Peso Recipiente	Peso del Agua	Peso de la Muestra Seca	W %	Promedio W%
RESULTADOS							
Límite Líquido (%)		Límite Plástico (%)			Índice de Plasticidad (%)		

**Fuente:** Autor

### Índice de Plasticidad

Su obtención viene dada por la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Si el índice posee un valor bajo, el suelo posee características plásticas, si este valor es alto, incrementaría el peligro de deterioro de las condiciones físicas. [24]

El valor del Índice de Plasticidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = Índice de Plasticidad

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

### Análisis Granulométrico

Este método de ensayo se utiliza para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica de las partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y proporcionar la información necesaria para el control de la producción de diversos productos. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para estimar la porosidad y el arreglo de las partículas. [25]

**Figura 6.** Ensayo de granulometría con tamices



**Fuente:** Guía para la compactación de suelos, Caterpillar.

**Procedimiento del ensayo de Granulometría:**

Para el desarrollo de este ensayo, se utilizó 1000 gr de muestra de suelo y 12 tamices pequeños, se colocó la muestra dentro de los tamices y mediante el uso de una tamizadora eléctrica se obtuvo el material retenido en cada tamiz, este proceso se realizó por 15 minutos, de esta manera se clasificó al suelo en agregado grueso, agregado fino y limo.

Según la norma AASHTO T 87-70 la clasificación de los agregados se lo realiza de la siguiente manera:

- *Agregado Grueso:* Hasta el material que es retenido por el tamiz #10.
- *Agregado Fino:* Hasta el material que es retenido por el tamiz #200.
- *Limo:* El material que pasa el tamiz #200.



La clasificación del suelo se caracteriza por los resultados que se obtuvo de los ensayos de límites de Atterberg y del Análisis Granulométrico, los sistemas AASHTO y SUCS toman en cuenta las características físicas del suelo, por lo que son los principales en ser usados por los organismos estatales, regionales y por los ingenieros.

### **2.2.3 Etapa III. Coeficiente de Permeabilidad**

En esta etapa se aplicó la investigación de laboratorio, donde se efectuó el ensayo de permeabilidad del suelo, mediante el uso del permeámetro de drenaje, clasificando al suelo según su coeficiente, comprobando su grado de permeabilidad.

La permeabilidad es la capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Esta se mide a través del coeficiente de permeabilidad, que es un parámetro que define la mayor facilidad o dificultad que el suelo ofrece al flujo del agua. [21]

#### **Procedimiento del ensayo de Coeficiente de Permeabilidad:**

Para realizar esta práctica, primero se eligió el filtro, esto en función al material que se analizó, posteriormente se llenó la columna del permeámetro de dicho material, por último, se reguló la altura del aliviadero a un valor determinado.

Luego, se puso en funcionamiento la bomba para llenar el depósito de entrada de agua, para realizar las mediciones se esperó que el caudal que salga por el filtro sea aproximadamente constante. Una vez que esto ocurrió, se colocó un recipiente volumétrico para recoger el agua filtrada y comenzar a contar el tiempo que transcurrió hasta que termine la experimentación.

Una vez que se recogió el agua suficiente se midió su cantidad y se calculó el caudal, mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Caudal

V = Volumen (cantidad de agua recogida)

t = Tiempo

Para calcular el área del permeámetro se aplicó la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Donde:

A = Área del permeámetro

d = Diámetro interno del permeámetro

Para el cálculo de  $\Delta h$  se midió la diferencia entre la superficie libre del agua en la columna del permeámetro y la cara superior del filtro situado al final del material filtrante.

Con estos valores se calculó el coeficiente de permeabilidad, mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{Q * L}{A * \Delta h}$$

Donde:

k = Coeficiente de permeabilidad

Q = Caudal

L = Longitud de la muestra

A = Área del permeámetro de drenaje

$\Delta h$  = Diferencia entre la superficie libre del agua y la cara superior del filtro



**Tabla 9.** Formato de Coeficiente de Permeabilidad

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770719 - 9876365			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	1			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Agregado Grueso</b>						
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (cm<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b><math>\Delta h</math> (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>k (cm/s)</b>
<b>PROMEDIO</b>						
<b>Grado de Permeabilidad</b>						

**Fuente:** Autor

Para verificar los valores obtenidos en la práctica, se tomará como referencia la tabla proporcionada por el Ingeniero Henri Darcy y el Manual de Prácticas – Edibon, donde nos señala los rangos del coeficiente de permeabilidad. [16]

**Tabla 10.** Rangos de Permeabilidad

<b>Grado de permeabilidad</b>	<b>Valor de k (cm/s)</b>
Elevada	Superior a $10^{-1}$
Media	$10^{-1}$ a $10^{-3}$
Baja	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
Muy baja	$10^{-5}$ a $10^{-7}$
Prácticamente impermeable	Menor de $10^{-7}$

**Fuente:** Manual de Prácticas - Edibon

Por otro lado, el autor Braja M. Das en su libro “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, en la Tabla 4.1 señala que los valores típicos de permeabilidad para suelos son los siguientes: [26]

**Tabla 11.** Valores típicos de permeabilidad

**Tabla 4.1**

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>k (cm/s)</b>
Grava Limpia	100 -1
Arena Gruesa	1.0 - 0.01
Arena Fina	0.01 - 0.001
Arcilla Limosa	0.001 - 0.00001
Arcila	0.000001

**Fuente:** Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

Así mismo, los autores Juárez Badillo y Rico Rodríguez en su libro “Fundamentos de la Mecánica de Suelos”, en la Tabla 9-1 presentan las interrelaciones entre el coeficiente de permeabilidad, los tipos de suelo y los métodos de prueba aplicada. [2]

**Tabla 12. Coeficiente de Permeabilidad**

**TABLA 9-1**

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD**

"k" en cm. Por seg. (escala log.)

	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1.0	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>
<b>Propiedad de Drenaje</b>			Buen Drenaje				Mal Drenaje			Prácticamente Impermeable	
<b>Aplicación en Presas de Tierra y Diques</b>		Secciones Permeables de Presas y Diques					Secciones Impermeables de Presas de Tierra y Diques				
<b>Tipo de Suelos</b>		Grava Limpia	Mezclas de Grava y Arena Limpia		Arenas Limpias	Arenas muy Finas, Limos Orgánicos e Inorgánicos. Mezclas de Arena, Limo y Arcilla. Morena Glacial. Depósitos de Arcilla Estratificados, etc				Suelos "Impermeables", v.g. Arcillas Homogéneas debajo de la zona de intemperismo.	
					"Suelos Impermeables", que han sido modificados por los efectos de la vegetación y del intemperismo.						
<b>Determinación Directa del Coeficiente de Permeabilidad</b>	Prueba Directa de los Suelos en su Posición Original (v.g. Pozos de bombeo) Confiable si se conduce apropiadamente. Requiere Considerable Experiencia.										
		Permeámetro de Carga Constante. Requiere poca Experiencia									
				Permeámetro de Carga Variable							
				Confiable Requiere poca Experiencia	Rango de Permeabilidad inestable. Requiere Mucha Experiencia para una Correcta Interpretación				Requiere Considerable Experiencia	Aceptable	
<b>Determinación Indirecta del Coeficiente de Permeabilidad</b>	Cálculo de la distribución granulométrica. (v.g. Fórmula de A. Hazen) Aplicable únicamente a Gravas y Arenas Limpias sin cohesión										
				Prueba Horizontal de Capilaridad Requiere Muy Poca Experiencia. Especialmente Útil para la Prueba Rápida de un gran Número de Muestras en el Campo sin Equipo de Laboratorio						Cálculos de las Pruebas de Consolidación. Equipo de Laboratorio Costoso. Requiere considerable experiencia.	
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>1</sup>	1.0	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>

#### **2.2.4 Etapa IV. Combinaciones de Drenaje**

Se ejecutó mediante herramientas bibliográficas y sustentaciones teóricas, más adelante se puso en práctica la investigación de laboratorio, la cual permitió determinar la combinación más eficiente de los agregados pétreos.

El drenaje depende de las propiedades del material utilizado, como la permeabilidad, la porosidad y la distribución de tamaño de partículas. Un material con una alta capacidad filtrante permitirá que el agua fluya libremente a través de él, mientras que retiene las partículas sólidas.

Esta capacidad es importante para prevenir la acumulación de agua en áreas no deseadas, evitando problemas como inundaciones, erosión del suelo o daños en estructuras, para seleccionar un sistema de drenaje, es fundamental considerar la capacidad filtrante adecuada para las condiciones y requerimientos específicos del sitio. [16]

#### **Procedimiento del ensayo de Combinaciones de Drenaje:**

Para poner en práctica este ensayo, primero se seleccionó las muestras que van a ser usadas, en este caso, grava gruesa, arena y grava fina. Se colocó diferentes cantidades de suelo dentro de la columna del permeámetro de drenaje.

Con la ayuda de la bomba, se llenó el depósito de entrada de agua, en la parte superior de la columna del permeámetro el nivel del agua fue el mismo que en el depósito de entrada por el principio de vasos comunicantes.

Para realizar las mediciones se esperó que el caudal que salga por el filtro sea constante, se colocó un recipiente volumétrico para medir la cantidad de agua que se recolectó en un determinado tiempo.

Con estos datos se pudo calcular el caudal, con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Caudal

V = Volumen (cantidad de agua recogida)

t = Tiempo

Para obtener el valor del área del permeámetro de drenaje, se aplicó la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que el valor del diámetro interior de la columna del permeámetro es de 94mm.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Donde:

A = Área del permeámetro

d = Diámetro interno del permeámetro

Para el cálculo de  $\Delta h$  se midió la diferencia entre la superficie libre del agua en la columna del permeámetro y la cara superior del filtro situado al final del material filtrante.

Con estos valores se calculó el coeficiente de permeabilidad, mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{Q * L}{A * \Delta h}$$

Donde:

k = Coeficiente de permeabilidad

Q = Caudal

L = Longitud de la muestra

A = Área del permeámetro de drenaje

$\Delta h$  = Diferencia entre la superficie libre del agua y la cara superior del filtro

De esta manera se realizó varios ensayos con cantidades de muestra diferente, se comparó los valores del coeficiente de permeabilidad y finalmente se determinó la combinación más eficaz para proponer un sistema de drenaje que sea aplicado para diversas obras civiles.

**Tabla 13.** Formato de Permeabilidad-Drenaje

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COMBINACIONES DE DRENAJE</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770744,84 - 9876322,53			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Grava Gruesa-Arena (17 cm) -Grava Fina</b>						
<b>Volumen (cm3)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (cm3/s)</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b><math>\Delta h</math> (cm)</b>	<b>Área (cm2)</b>	<b>k (cm/s)</b>
<b>PROMEDIO</b>						
<b>Grado de Permeabilidad</b>						

**Fuente:** Autor

## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Resultados

#### 3.1.1. Ubicación del Proyecto

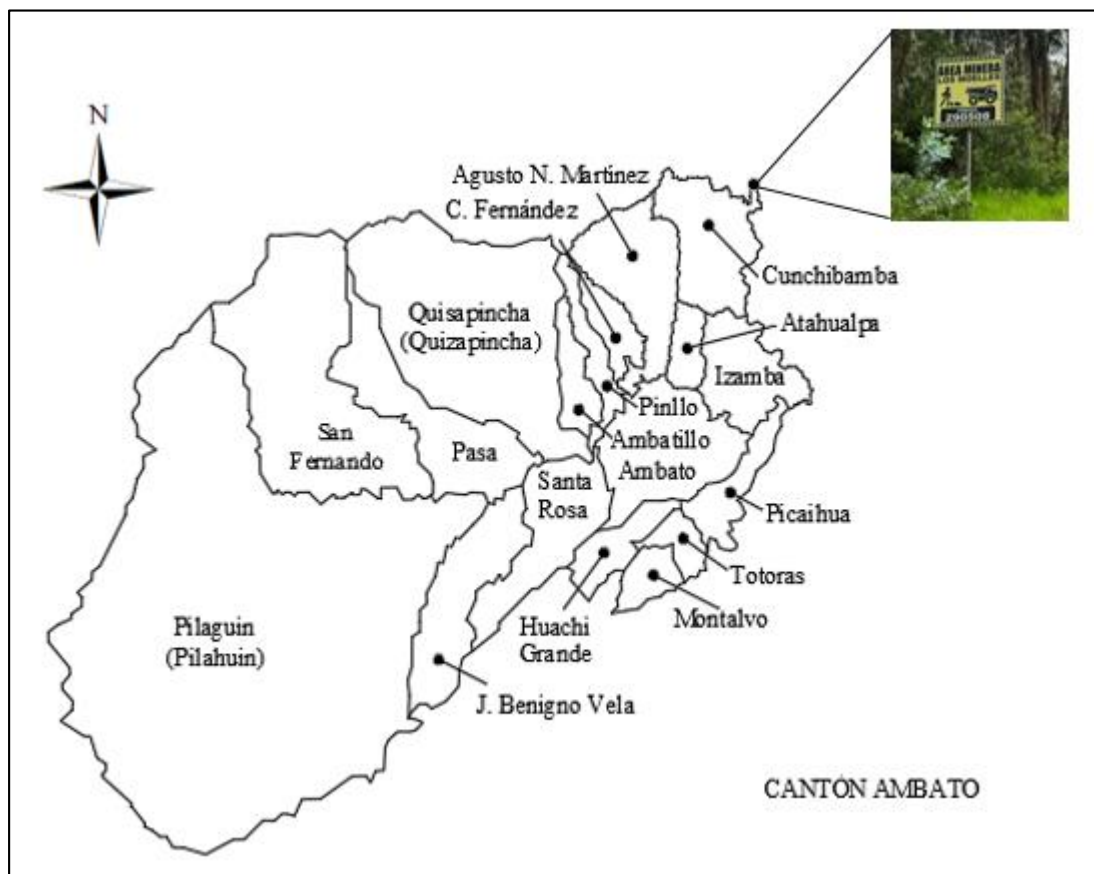
La mina Los Moelles se encuentra ubicada en el límite de la parroquia Cunchibamba y la parroquia San Andrés, al Noreste del cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

**Tabla 14.** Coordenadas del Proyecto

MINA	ESTE	NORTE
Los Moelles	770749	9876256

Fuente: Autor

**Figura 7.** Ubicación del Proyecto



Fuente: Autor

### 3.1.2. Determinación de las propiedades físicas de los agregados

#### ▪ Contenido de Humedad

El ensayo de contenido de humedad permitió determinar que el suelo de la muestra 4 alcanzó el mayor valor de porcentaje de humedad, a diferencia del suelo de la muestra 5 que obtuvo el valor más bajo.

**Tabla 15.** Contenido de Humedad

Contenido de Humedad	
Identificación	W (%)
Muestra 1	7,00
Muestra 2	6,65
Muestra 3	5,72
Muestra 4	8,13
Muestra 5	5,16

**Fuente:** Autor

#### ▪ Granulometría

De acuerdo a la textura, el suelo de la muestra 3 es el que menos porcentaje de arena contiene (58,66%) frente al de la muestra 2 que alcanza el 93,67%. En cuanto a la clasificación AASHTO el suelo corresponde a gravas y arenas limosas o arcillosas A 2-4 (0). Y en la clasificación SUCS corresponde a arenas mal graduada con limo con grava SP-SM.



**Tabla 16.** Análisis Granulométrico

Identificación	Grava (%)	Arena (%)	Limo (%)	Cu	Cc	Clasificación	
						AASHTO	SUCS
Muestra 1	27,52	65,70	6,78	9,12	0,50	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	Arena mal graduada con limo con grava SP-SM
Muestra 2	3,04	93,67	3,29	2,98	1,07	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	Arena mal graduada SP
Muestra 3	34,52	58,66	6,82	32,67	0,30	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	Arena mal graduada con limos con grava SP-SM
Muestra 4	28,87	65,42	5,71	17,86	0,32	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	Arena mal graduada con limos con grava SP-SM
Muestra 5	9,68	80,87	9,45	11,95	0,59	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	Arena mal graduada con limos SP-SM

**Fuente:** Autor

▪ **Límites de Atterberg**

Los valores más elevados de los límites de Atterberg fueron identificados en la muestra 4, lo que significa que éste suelo es menos sensible a los cambios de humedad y permitirá una mayor adición de agua antes de pasar del estado semisólido al líquido.

**Tabla 17.** Límites de Atterberg

<b>Límites de Atterberg</b>			
<b>Identificación</b>	<b>Límite Líquido (%)</b>	<b>Límite Plástico (%)</b>	<b>Índice de Plasticidad (%)</b>
Muestra 1	28,18	26,14	2,04
Muestra 2	36,91	34,67	2,24
Muestra 3	26,49	24,81	1,68
Muestra 4	24,79	21,33	3,45
Muestra 5	22,82	20,23	2,58

**Fuente:** Autor

### 3.1.3. Coeficiente de Permeabilidad

El ensayo de permeabilidad permitió determinar que el agregado grueso de la muestra 5 alcanzó una permeabilidad elevada ya que el tiempo de drenaje fue menor en comparación con el agregado de la muestra 2 que obtuvo un mayor tiempo de drenaje. El agregado fino de la muestra 2 alcanzó una permeabilidad media ya que el tiempo de drenaje fue menor en comparación con el agregado de la muestra 3 que obtuvo un mayor tiempo de drenaje. El limo obtuvo un coeficiente de permeabilidad bajo debido a que el tiempo de drenaje fue elevado.

**Tabla 18.** Coeficiente de Permeabilidad

<b>Coeficiente de Permeabilidad</b>			
<b>Identificación</b>	<b>Agregado Grueso (cm/s)</b>	<b>Agregado Fino (cm/s)</b>	<b>Limo (cm/s)</b>
Muestra 1	$0,14 \times 10^2$	$2,2 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-3}$
Muestra 2	$0,19 \times 10^2$	$3,7 \times 10^{-2}$	
Muestra 3	$0,11 \times 10^2$	$5,0 \times 10^{-3}$	
Muestra 4	$0,19 \times 10^2$	$3,9 \times 10^{-2}$	
Muestra 5	$0,18 \times 10^2$	$2,3 \times 10^{-2}$	

**Fuente:** Autor

### 3.1.4. Combinaciones de Drenaje

Los valores más elevados de permeabilidad se obtuvieron en las combinaciones de grava gruesa – grava fina, sin embargo, no cumplen con los rangos establecidos por las normas. Por lo tanto, la combinación más eficiente es la No. 2, ya que posee un coeficiente de permeabilidad medio, e ingresa en los límites propuestos por la FAO, para la construcción de obras de ingeniería civil.

**Tabla 19.** Combinaciones de Drenaje

Combinación		Dimensión del agregado (cm)	Coefficiente de Permeabilidad (cm/s)
1	Grava Gruesa	18,6	$1,2 \times 10^{-2}$
	Arena	18,6	
	Grava Fina	18,6	
2	Grava Gruesa	25,5	$4,4 \times 10^{-2}$
	Arena	5	
	Grava Fina	25,5	
3	Grava Gruesa	27	$3,4 \times 10^{-2}$
	Arena	2	
	Grava Fina	27	
4	Grava Gruesa	28	$0,12 \times 10^2$
	Grava Fina	28	
5	Grava Gruesa	42	$0,17 \times 10^2$
	Grava Fina	14	
6	Grava Gruesa	14	$0,17 \times 10^2$
	Grava Fina	42	

**Fuente:** Autor

## 3.2. Discusión de Resultados

### 3.2.1. Determinación de las propiedades físicas de los agregados

#### ▪ Contenido de Humedad

Se estableció el contenido de humedad para saber cuánta agua tiene el agregado naturalmente. Para las obras civiles de drenaje, la determinación precisa del contenido de humedad del suelo es fundamental para un diseño adecuado, la selección de materiales apropiados, la estabilidad del suelo, el control de la compactación y el monitoreo continuo del sistema de drenaje. Ayuda a garantizar la eficiencia, la durabilidad y el rendimiento óptimo del sistema de drenaje en la gestión adecuada del agua en el entorno construido.

Los Ingenieros José Pastor, Roberto Jove, Miguel Cano y Adrián Riquelme, en su libro “*Manual de ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelo y Mecánica de Rocas*”, afirman que el contenido de humedad óptimo representa al contenido de humedad en el que el suelo ofrece las mejores propiedades de compactación y resistencia. Generalmente, se sitúa entre el 0% y 10% para suelos granulares (como arenas) y entre el 50% y 70% en suelos arcillosos, pudiendo alcanzar humedades hasta el 400% en algunos suelos orgánicos. [27]

El ensayo se realizó de acuerdo con la norma AASHTO T-265 2015, los valores obtenidos oscilan entre el 5,16% y 8,13%, como se observa en el Anexo 1. Estas cifras se encuentran dentro de los límites recomendados, por lo que beneficia a las obras civiles ya que contribuye a la estabilidad, la capacidad de drenaje y la durabilidad de las estructuras.

#### ▪ Granulometría

El análisis granulométrico permitió establecer la cantidad de agregado grueso, agregado fino y limo que contiene la muestra estudiada. La precisa determinación de la granulometría del suelo en obras civiles de drenaje es esencial para el diseño adecuado de sistemas de drenaje, la evaluación de la capacidad de infiltración y la estabilidad del suelo, así como la selección adecuada de materiales de drenaje. Esto ayuda a garantizar un drenaje efectivo y a prevenir problemas como la acumulación de agua, la erosión y la inestabilidad del suelo.

El ensayo se realizó de acuerdo con lo establecido en las normas AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63, las muestras de suelo se clasificaron mediante el método AASHTO y SUCS. Los resultados parciales y su gráfica se encuentran en el Anexo 2.

- **Límites de Atterberg**

Se determinó el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad para comprender la plasticidad del suelo, evaluar su comportamiento ante cambios de humedad, determinar la capacidad de drenaje y tomar decisiones sobre la selección de materiales y estabilización del suelo.

Los ensayos se realizaron de acuerdo con las normas AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63 obteniendo como resultado los valores presentados en el Anexo 3.

El Ingeniero Carlos Crespo Villalaz en su libro “*Mecánica de Suelos y Cimentaciones*” afirma que según Atterberg, cuando un suelo tiene un índice plástico igual a cero, el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad, cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor a 17 se dice que es altamente plástico. [18]

Por otro lado, Arthur Casagrande, compara suelos de igual límite líquido con índice de plasticidad que aumenta, la compresibilidad es la misma, la constante de permeabilidad disminuye, la tenacidad cerca del límite plástico aumenta y también aumenta su resistencia en seco.

Así mismo, compara suelos de igual índice plástico con límite líquido que aumenta, la compresibilidad aumenta, la constante de permeabilidad aumenta, y tanto la tenacidad cerca del límite plástico como la resistencia en seco disminuyen.

Después del análisis presentado, los valores obtenidos en la práctica se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas, lo que indica una buena estabilidad, capacidad de drenaje y resistencia a la erosión del suelo,

contribuyendo a la eficiencia, durabilidad y la seguridad de los sistemas de drenaje.

### **3.2.2. Coeficiente de Permeabilidad**

La determinación del coeficiente de permeabilidad del suelo fue fundamental ya que ayudó a determinar la velocidad y la cantidad de agua que el suelo consigue drenar, lo cual puede prevenir problemas de acumulación de agua e inundaciones, considerando los tiempos necesarios para el drenaje completo de un área.

El flujo de agua a través de medios porosos, como lo es el suelo, está gobernado por una ley descubierta experimentalmente por Henri Darcy en 1856, quién investigó las características del flujo de agua a través de filtros, formados por materiales térreos, lo cual facilitó la aplicación de los resultados de la investigación a la Mecánica de Suelos. [16]

La permeabilidad de suelos varía órdenes de magnitud. Así mientras que, para una arena limpia, el coeficiente de permeabilidad  $k$ , puede variar entre  $10^{-2}$  cm/s y  $10^{-4}$  cm/s, para una arcilla este valor puede oscilar entre  $10^{-5}$  cm/s y  $10^{-8}$  cm/s. [16]

El ensayo se realizó en base a la norma BS 1377-5: 1990, el valor del agregado grueso está en  $10^2$  cm/s; para el agregado fino oscilan entre  $10^{-2}$  cm/s y  $10^{-3}$  cm/s; y el valor del limo está en  $10^{-3}$  cm/s, como se observa en el Anexo 4. Estas cifras se encuentran dentro de los límites recomendados en las normas, lo que permite un drenaje eficiente, una menor saturación del suelo, menos necesidad de medidas adicionales y una mayor durabilidad de las estructuras de drenaje.

### **3.2.3. Combinaciones de Drenaje**

La determinación de las combinaciones de drenaje permitió gestionar el agua de manera adecuada, prevenir daños estructurales, controlar la humedad del suelo, garantizar la seguridad y la salud, y preservar el medio ambiente, contribuyendo a la durabilidad, la estabilidad y el bienestar en el entorno construido.

Como se mencionó anteriormente, la permeabilidad de suelos varía órdenes de magnitud. Así mientras que, para una arena limpia, el coeficiente de permeabilidad  $k$ , puede variar entre  $10^{-2}$  cm/s y  $10^{-4}$  cm/s, para una arcilla este valor puede oscilar entre  $10^{-5}$  cm/s y  $10^{-8}$  cm/s. [16]. Según la FAO el valor del coeficiente de permeabilidad de los suelos para obras de ingeniería civil oscila entre  $2 \times 10^{-1}$  cm/s y  $2 \times 10^{-7}$  cm/s para

suelos permeables; entre  $1 \times 10^{-5}$  cm/s y  $1 \times 10^{-11}$  cm/s para suelos semipermeables; y entre  $5 \times 10^{-7}$  cm/s y  $1 \times 10^{-11}$  cm/s para suelos impermeables. [28]

El ensayo se realizó en base a la norma BS 1377-5: 1990, para las combinaciones que se utilizaron grava gruesa, arena y grava fina, el valor del coeficiente de permeabilidad es  $10^{-2}$  cm/s y para las combinaciones que se utilizó grava gruesa y grava fina, el valor del coeficiente de permeabilidad es de  $10^2$  cm/s, como se observa en el Anexo 5. Estas cifras se encuentran dentro de los límites recomendados en las normas y libros, en base a la propiedad de drenaje.

Para escoger la combinación más eficiente, se tomó en cuenta dos factores, el primero, el coeficiente de permeabilidad, que como se observa en el Anexo 5, para las combinaciones 1, 2 y 3, arrojó un valor de  $10^{-2}$  cm/s; y el segundo factor, el tiempo, el cual fue menor en la combinación número 3, por lo que se deduce que es la combinación más adecuada para sistemas de drenaje, ya que su coeficiente de permeabilidad estuvo dentro de los rangos establecidos por la FAO para suelos permeables.

### **3.3. Verificación de la Hipótesis**

En el trabajo experimental presentado se ha tomado en cuenta dos hipótesis:

#### **3.3.1. Hipótesis de trabajo**

Los agregados pétreos provenientes de la Mina Los Moelles, ubicada en la Parroquia San Andrés, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua, ¿cumplen con los requisitos de permeabilidad para ser utilizados en diferentes obras civiles de drenaje?

#### **3.3.2. Hipótesis Nula**

Los agregados pétreos provenientes de la Mina Los Moelles, ubicada en la Parroquia San Andrés, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua, ¿no cumplen con los requisitos de permeabilidad para ser utilizados en diferentes obras civiles de drenaje?

#### **3.3.3. Discusión de resultados de la hipótesis**

Después de realizar los ensayos para determinar y caracterizar las propiedades de los agregados pétreos, se pudo afirmar que las combinaciones elaboradas a partir de los materiales provenientes de la Mina Los Moelles perteneciente al cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua en Ecuador, **cumplen** con los requisitos de permeabilidad para ser utilizados en diferentes obras civiles de drenaje.



## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- Se evaluó la capacidad filtrante de drenaje de los materiales provenientes de la Mina Los Moelles, mediante ensayos de laboratorio, dando como resultado que los agregados pétreos procedentes de esta mina son aptos para la elaboración de obras civiles de drenaje.
- Se realizó el levantamiento georreferenciado de la Mina Los Moelles, con coordenadas (770749, 9876256) respectivamente, obteniendo un área de 54,82 m<sup>2</sup>, además de la ubicación de donde se obtuvo las muestras para los ensayos de laboratorio respectivos.
- Con el ensayo de contenido de humedad realizado se obtuvo que la muestra 1 tiene el 7% de agua en estado natural, la muestra 2 el 6,65%, la muestra 3 el 5,72%, la muestra 4 el 8,13% y la muestra 5 el 5,16%, es decir, cumplen con la normativa que rige para suelos granulares y no será necesario realizar ningún mejoramiento para su estabilidad.
- En base al análisis granulométrico realizado a las muestras obtenidas de la Mina Los Moelles se determinó que, mediante el método AASHTO el suelo se clasifica como Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas A-2-4 (0), mientras que por el método SUCS las muestras de suelo 1,3 y 4 se clasifican como arena mal graduada con limo con grava SP-SM, la muestra 2 como arena mal graduada SP y la muestra 5 como arena mal graduada con limo SP-SM.
- Se ejecutó el ensayo de Límites de Atterberg para establecer la plasticidad del suelo analizado, los valores del Índice de Plasticidad oscilan entre el 1,68% y 3,45%, los cuales cumplen con la normativa establecida, clasificando al suelo como un suelo con baja plasticidad.
- Con el ensayo de permeabilidad de los agregados pétreos provenientes de la Mina Los Moelles, se determinó que, el agregado grueso posee un coeficiente de permeabilidad de  $10^2$  cm/s, clasificando al material como un suelo con un grado de permeabilidad elevada. El agregado fino posee un coeficiente de permeabilidad que oscila entre  $10^{-2}$  cm/s y  $10^{-3}$  cm/s, clasificando al material como un suelo con un grado de permeabilidad media. Mientras que el limo posee un coeficiente de permeabilidad de  $10^{-3}$  cm/s, clasificando al material como un suelo con un grado de permeabilidad baja.

- Se llevó a cabo el ensayo de permeabilidad, el cual arrojó que la combinación más eficaz fue la mezcla de grava gruesa – arena – grava fina, ya que posee un coeficiente de permeabilidad de  $10^{-2}$  cm/s, clasificándola como un suelo con un grado de permeabilidad media y con una propiedad de drenaje buena, el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos por la FAO.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Para realizar las combinaciones de drenaje, se recomienda realizar un correcto tamizado de los agregados, ya que este factor es el principal que influirá en el diseño adecuado de sistemas de drenaje, la evaluación de la capacidad de infiltración y la estabilidad del suelo.
- Se recomienda realizar más estudios sobre la permeabilidad de los agregados provenientes de las minas, ya que es una de las características más importantes para la durabilidad, la estabilidad y el bienestar en el entorno construido.
- Al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica se recomienda adquirir más equipos para realizar los ensayos, ya que el limitado número de los mismos, retrasa la ejecución de las prácticas.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Christian, J. Rivas y M. J. Gacitúa, «Permeabilidad del suelo de la cuenca del río Chillán, entre Estero Peladillas y río Ñuble,» *Cuadernos de Geografía*, vol. 24, n° 1, pp. 73-86, Enero-Junio 2015.
- [2] J. Badillo y R. Rodríguez, MECÁNICA DE SUELOS. TOMO 1. FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS, México: Limusa, 2005.
- [3] K. Terzaghi y R. B. Peck, MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA, New York : El Ateneo S.A. , Segunda Edición, 1973.
- [4] J. Bowles., «Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (Pág. 11-12),» 1981. [En línea]. Available: J. Bowles. (1981), Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil (Pág. 11-12). (México): Mc GRAW-HILL..
- [5] V. Pedroza, M. Gutiérrez, J. Le Roux, E. Hernández y J. Vázquez, «Estudio comparativo del coeficiente de permeabilidad en muestras de la Formación Río Pedregoso,» *Centro de Investigación, desarrollo e innovación de estructuras y materiales IDIEM* , pp. 238-240, 2015.
- [6] P. Puga, Estudio Experimental del Coeficiente de Permeabilidad de las Arenas, Concepción: Universidad Católica de la Santísima Concepción , 2012.
- [7] A. García, Comparativa entre permeabilidades de arenas preparadas con diferentes densidades mediante el permeámetro de carga constante, Cartagena: E.T.S. de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas, 2015.
- [8] C. Camacho, N. Zabala y Y. Flores, «Estimación del coeficiente de Permeabilidad del suelo en la ciudad de Macas-Ecuador utilizando permeámetro de carga variable,» *DOMINIO DE LAS CIENCIAS*, vol. 6, n° 3, pp. 78-94, 2020.



- [9] M. Chamba, E. Bailón, D. Calva, M. Chamba y E. Vásquez, «Caracterizaciones físico-mecánicas de las arcillas de Loja y Azuay con fines de impermeabilización de reservorios,» *Indexada. Bosques Latitud Cero*, vol. 9, nº 2, pp. 115-123, 2019.
- [10] T. A, «Apuntes de clase sobre Hidrología Urbana,» *Editorial Pontificia Universidad Javeriana*, vol. 1, p. 377, 2004.
- [11] CIRIA, *The SuDS Manual*, Londres, 2007.
- [12] M. V. Béjar, *Drenaje*, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2006.
- [13] D. Castro, R. Joseba, J. Rodríguez y F. Ballester, «Sistema Urbano de Drenaje Sostenible,» *INCI*, vol. 30, nº 5, 2005.
- [14] J. Ruge, C. Valencia y T. John, *Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de permeámetro de carga constante para suelos granulares*, Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, 2013.
- [15] Edibon, «MANUAL DE PRÁCTICAS,» Madrid, España, 2009.
- [16] R. Pérez, *Diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*, Bogotá: ECOE EDICIONES, 2013.
- [17] C. Crespo Villalaz, *MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES*, Monterrey: Limusa, 1980.
- [18] R. d. Ingenieros, *Mecánica de Suelos*, Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1975.
- [19] E. Juárez y A. Rico, *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*, México: Limusa, 1995.
- [20] E. Británico, *Método de prueba para suelos para ingeniería civil. Parte 5: Ensayos de compresibilidad, permeabilidad y durabilidad*, Reino Unido: BSI, 1990.
- [21] INEN, *DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD*, Quito, 2011.

- [22] INEN, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO. MÉTODO DE CASA GRANDE, Quito, 2005.
- [23] A. D. 4318, Método estándar de ensayo para límite plástico e índice de plasticidad, 2005.
- [24] INEN, ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO, Quito, 2011.
- [25] B. M. Das, Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica, México: Cengage Learning Editores.
- [26] J. Pastor, R. Jove, M. Cano y A. Riquelme, Manual de ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas, San Vicente, Alicante: Club Universitario , 2017.
- [27] F. O. d. l. N. U. p. l. A. y. l. Agricultura, Permeabilidad del Suelo.
- [28] D. Altamiranda, M. Aldana, A. Cabrera, V. Costanzo y J. Torres, «DETERMINACIÓN DE PERMEABILIDAD A PARTIR DE POROSIDAD APLICANDO ECUACIONES BASADAS EN TEORÍA FRACTAL EN POZOS DEL LAGO DE MARACAIBO Y CAMPO TEAPOT DOME,» *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V*, vol. 31, nº 1, pp. 65-78, 2016.



## ANEXOS

### Anexo 1: Contenido de Humedad

#### Anexo 1.1 Muestra 1



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b> 				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770719	9876365
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° Muestra:</b>	1	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA: AASHTO T - 265 2015</b>				
<b>N° de Recipiente</b>		<b>49</b>	<b>V2</b>	
Peso muestra húmeda + Recipiente (Wm + Wr) [gr]		127,90	139,75	
Peso muestra seca + Recipiente (Ws + Wr) [gr]		121,56	132,62	
Peso del Agua (Ww) [gr]		6,34	7,13	
Peso del Recipiente (Wr) [gr]		30,59	31,14	
Peso Muestra Seca (Ws) [gr]		90,97	101,48	
Contenido de Humedad (W%)		6,97	7,03	
<b>W% Promedio</b>		<b>7,00</b>		

## Anexo 1.2. Muestra 2



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b> 				
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>				
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770755	9876341
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>Nº Muestra:</b>	2	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA: AASHTO T - 265 2015</b>				
<b>Nº de Recipiente</b>		<b>65</b>	<b>70</b>	
Peso muestra húmeda + Recipiente (Wm + Wr) [gr]		119,06	132,17	
Peso muestra seca + Recipiente (Ws + Wr) [gr]		113,35	127,72	
Peso del Agua (Ww) [gr]		5,71	4,45	
Peso del Recipiente (Wr) [gr]		31,17	57,67	
Peso Muestra Seca (Ws) [gr]		82,18	70,05	
Contenido de Humedad (W%)		6,95	6,35	
<b>W% Promedio</b>		6,65		





### Anexo 1.3. Muestra 3

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b> 				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"				
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770717	9876318
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° Muestra:</b>	3	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA: AASHTO T - 265 2015</b>				
<b>N° de Recipiente</b>			<b>53</b>	<b>68</b>
Peso muestra húmeda + Recipiente (Wm + Wr) [gr]			141,63	146,26
Peso muestra seca + Recipiente (Ws + Wr) [gr]			135,39	140,28
Peso del Agua (Ww) [gr]			6,24	5,98
Peso del Recipiente (Wr) [gr]			30,91	30,75
Peso Muestra Seca (Ws) [gr]			104,48	109,53
Contenido de Humedad (W%)			5,97	5,46
<b>W% Promedio</b>			5,72	

#### Anexo 1.4. Muestra 4



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b> 				
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>				
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770771	9876300
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° Muestra:</b>	4	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA: AASHTO T - 265 2015</b>				
<b>N° de Recipiente</b>		<b>101</b>	<b>72</b>	
Peso muestra húmeda + Recipiente (Wm + Wr) [gr]		142,10	127,82	
Peso muestra seca + Recipiente (Ws + Wr) [gr]		133,50	120,72	
Peso del Agua (Ww) [gr]		8,60	7,10	
Peso del Recipiente (Wr) [gr]		30,50	30,79	
Peso Muestra Seca (Ws) [gr]		103,00	89,93	
Contenido de Humedad (W%)		8,35	7,90	
<b>W% Promedio</b>		8,13		

Anexo 1.5. Muestra 5

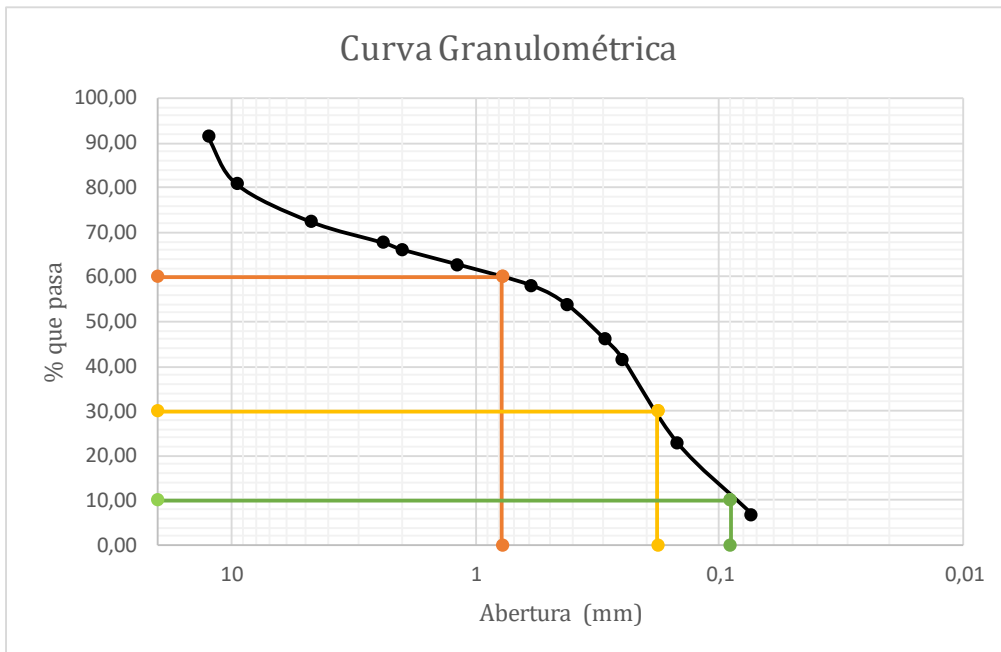
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b> 				
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>				
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770746	9876285
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° Muestra:</b>	5	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA: AASHTO T - 265 2015</b>				
<b>N° de Recipiente</b>			<b>56</b>	<b>78</b>
Peso muestra húmeda + Recipiente (Wm + Wr) [gr]			144,82	163,21
Peso muestra seca + Recipiente (Ws + Wr) [gr]			138,74	157,29
Peso del Agua (Ww) [gr]			6,08	5,92
Peso del Recipiente (Wr) [gr]			30,90	30,81
Peso Muestra Seca (Ws) [gr]			107,84	126,48
Contenido de Humedad (W%)			5,64	4,68
<b>W% Promedio</b>			5,16	

## Anexo 2: Análisis Granulométrico

### Anexo 2.1. Muestra 1

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> 					
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>					
<b>Provincia:</b>	Tungurahua		<b>Coordenadas:</b>	770719	9876365
<b>Cantón:</b>	Píllaro		<b>N° de Muestra:</b>	1	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro		<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA : AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63</b>					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
1/2	12,500	85,05	85,05	8,50	91,50
3/8	9,510	106,83	191,88	19,17	80,83
4	4,760	83,58	275,46	27,52	72,48
8	2,380	48,04	323,50	32,32	67,68
10	2,000	15,13	338,63	33,84	66,16
16	1,190	32,86	371,49	37,12	62,88
30	0,595	46,91	418,40	41,81	58,19
40	0,420	44,96	463,36	46,30	53,70
50	0,297	75,90	539,26	53,88	46,12
60	0,250	44,79	584,05	58,36	41,64
100	0,149	189,48	773,53	77,29	22,71
200	0,074	159,45	932,98	93,22	6,78
Fuente		67,82	1000,80	100,00	0,00
Masa de Suelo		1000,80			



**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



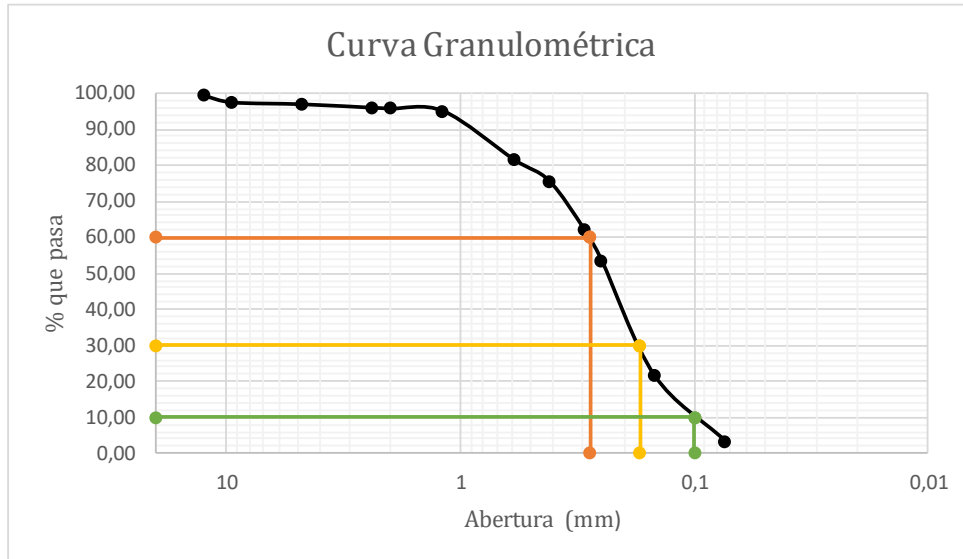
**COEFICIENTES DEL SUELO**

<b>D10 (mm)</b>	0,09	<b>D30 (mm)</b>	0,18	<b>D60 (mm)</b>	0,78
<b>Cu:</b>	9,12		<b>Cc:</b>	0,50	
<b>PORCENTAJE DE MATERIAL</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
<b>Grava (G%)</b>	27,52		<b>AASHTO</b>	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	
<b>Arena (S%)</b>	65,70				
<b>Limo y Arcilla (Finos%)</b>	6,78		<b>SUCS</b>	Arena mal graduada con limo con grava SP-SM	

## Anexo 2.2. Muestra 2

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> 					
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
<b>Provincia:</b>	Tungurahua		<b>Coordenadas:</b>	770755	9876341
<b>Cantón:</b>	Píllaro		<b>N° de Muestra:</b>	2	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro		<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA : AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63</b>					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
1/2	12,50	8,00	8,00	0,71	99,29
3/8	9,51	20,30	28,30	2,52	97,48
4	4,76	5,80	34,10	3,04	96,96
8	2,38	10,80	44,90	4,00	96,00
10	2,00	2,70	47,60	4,24	95,76
16	1,19	7,70	55,30	4,93	95,07
30	0,60	150,70	206,00	18,36	81,64
40	0,42	66,70	272,70	24,31	75,69
50	0,30	151,90	424,60	37,85	62,15
60	0,25	97,20	521,80	46,51	53,49
100	0,15	357,60	879,40	78,39	21,61
200	0,07	205,50	1084,90	96,71	3,29
Fuente		36,90	1121,80	100,00	0,00
Masa de Suelo		1121,80			



**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



**COEFICIENTES DEL SUELO**

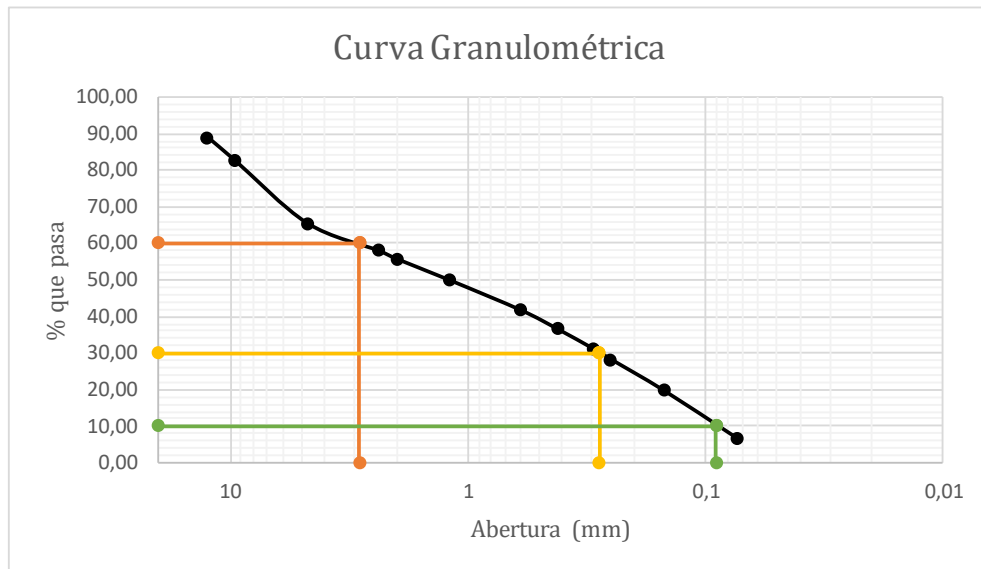
<b>D10 (mm)</b>	0,10	<b>D30 (mm)</b>	0,17	<b>D60 (mm)</b>	0,28
<b>Cu:</b>	2,98		<b>Cc:</b>	1,07	
<b>PORCENTAJE DE MATERIAL</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
<b>Grava (G%)</b>	3,04		<b>AASHTO</b>	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	
<b>Arena (S%)</b>	93,67				
<b>Limo y Arcilla (Finos%)</b>	3,29		<b>SUCS</b>	Arena mal graduada SP	

### Anexo 2.3. Muestra 3



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> 					
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770717	9876318	
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	3		
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández		
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes		
<b>NORMA : AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63</b>					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
1/2	12,50	123,30	123,30	11,02	88,98
3/8	9,51	73,30	196,60	17,56	82,44
4	4,76	189,80	386,40	34,52	65,48
8	2,38	84,30	470,70	42,05	57,95
10	2,00	25,00	495,70	44,29	55,71
16	1,19	65,70	561,40	50,16	49,84
30	0,60	92,20	653,60	58,39	41,61
40	0,42	56,50	710,10	63,44	36,56
50	0,30	60,30	770,40	68,83	31,17
60	0,25	32,50	802,90	71,73	28,27
100	0,15	96,10	899,00	80,32	19,68
200	0,07	144,00	1043,00	93,18	6,82
Fuente		76,30	1119,30	100,00	0,00
Masa de Suelo		1119,30			



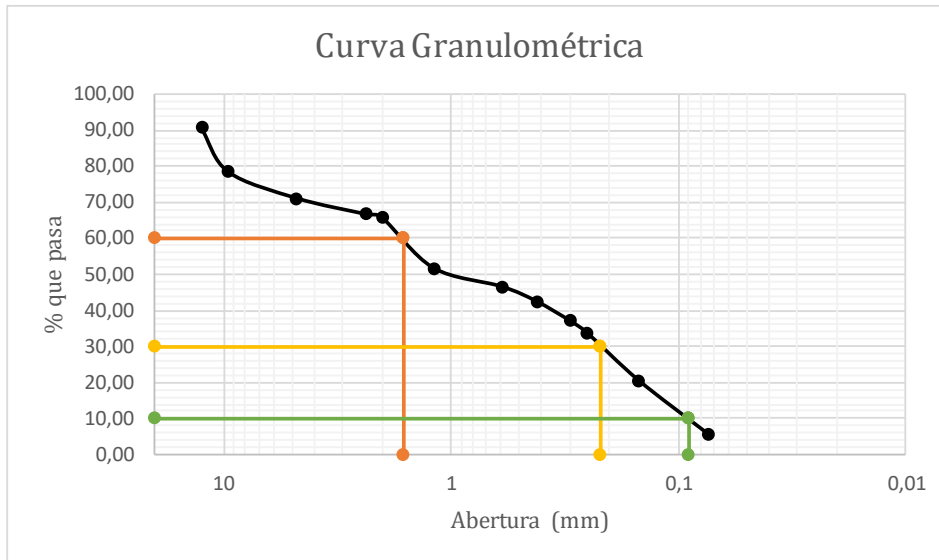
**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



## Anexo 2.4. Muestra 4

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> 					
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
<b>Provincia:</b>	Tungurahua		<b>Coordenadas:</b>	770771	9876300
<b>Cantón:</b>	Píllaro		<b>N° de Muestra:</b>	4	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro		<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA : AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63</b>					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
1/2	12,50	105,30	105,30	9,39	90,61
3/8	9,51	136,50	241,80	21,56	78,44
4	4,76	82,00	323,80	28,87	71,13
8	2,38	49,20	373,00	33,26	66,74
10	2,00	11,90	384,90	34,32	65,68
16	1,19	156,30	541,20	48,26	51,74
30	0,60	58,10	599,30	53,44	46,56
40	0,42	45,40	644,70	57,49	42,51
50	0,30	61,90	706,60	63,00	37,00
60	0,25	37,70	744,30	66,37	33,63
100	0,15	147,00	891,30	79,47	20,53
200	0,07	166,20	1057,50	94,29	5,71
Fuente		64,00	1121,50	100,00	0,00
Masa de Suelo		1121,50			



**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



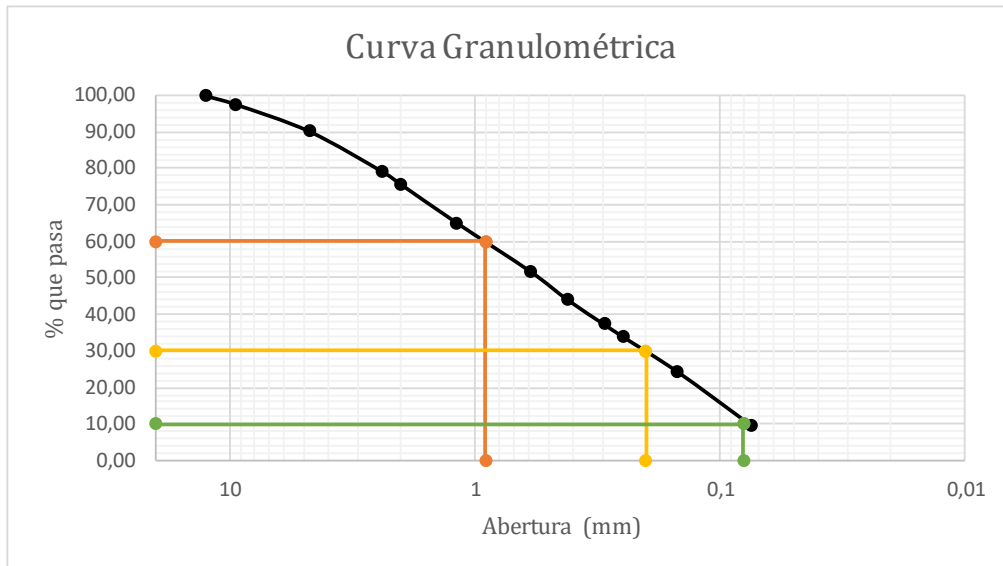
**COEFICIENTES DEL SUELO**

<b>D10 (mm)</b>	0,09	<b>D30 (mm)</b>	0,22	<b>D60 (mm)</b>	1,62
<b>Cu:</b>	17,86		<b>Cc:</b>	0,32	
<b>PORCENTAJE DE MATERIAL</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
<b>Grava (G%)</b>	28,87		<b>AASHTO</b>	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	
<b>Arena (S%)</b>	65,42				
<b>Limo y Arcilla (Finos %)</b>	5,71		<b>SUCS</b>	Arena mal graduada con limos con grava SP-SM	

## Anexo 2.5. Muestra 5

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> 					
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"					
<b>Provincia:</b>	Tungurahua		<b>Coordenadas:</b>	770746	9876285
<b>Cantón:</b>	Píllaro		<b>N° de Muestra:</b>	5	
<b>Parroquia:</b>	San Andrés		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández	
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro		<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes	
<b>NORMA : AASHTO T-87-70; ASTM D-421-58; D-422-63</b>					
# TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
1/2	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8	9,51	22,79	22,79	2,28	97,72
4	4,76	74,05	96,84	9,68	90,32
8	2,38	111,86	208,70	20,85	79,15
10	2,00	34,83	243,53	24,33	75,67
16	1,19	104,57	348,10	34,78	65,22
30	0,60	133,59	481,69	48,13	51,87
40	0,42	77,57	559,26	55,88	44,12
50	0,30	67,98	627,24	62,67	37,33
60	0,25	33,19	660,43	65,99	34,01
100	0,15	96,87	757,30	75,67	24,33
200	0,07	148,89	906,19	90,55	9,45
Fuente		94,61	1000,80	100,00	0,00
Masa de Suelo		1000,80			

**GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**





**COEFICIENTES DEL SUELO**

<b>D10 (mm)</b>	0,08	<b>D30 (mm)</b>	0,20	<b>D60 (mm)</b>	0,91
<b>Cu:</b>	11,95		<b>Cc:</b>	0,59	
<b>PORCENTAJE DE MATERIAL</b>			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
<b>Grava (G%)</b>	9,68		<b>AASHTO</b>	Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)	
<b>Arena (S%)</b>	80,87				
<b>Limo y Arcilla (Finos %)</b>	9,45		<b>SUCS</b>	Arena mal graduada con limo SP-SM	

### Anexo 3: Límites de Atterberg

#### Anexo 3.1. Muestra 1

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> 								
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>								
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770719	9876365				
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	1					
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández					
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>								
Recipiente No.	Golpes	Peso Suelo Hum. + Rec.	Peso Suelo Seco + Rec.	Peso Recipiente	Peso del Agua	Peso de la Muestra Seca	W %	Promedio W%
14	10	18,69	17,00	11,02	1,69	5,98	28,26	29,99
39		18,17	16,60	11,65	1,57	4,95	31,72	
17	19	16,75	15,60	11,39	1,15	4,21	27,32	28,96
03 AI		16,73	15,50	11,48	1,23	4,02	30,60	
21 A	30	16,32	15,20	11,08	1,12	4,12	27,18	27,51
13		16,48	15,30	11,06	1,18	4,24	27,83	
42	36	18,42	17,00	11,82	1,42	5,18	27,41	26,79
79		18,88	17,30	11,26	1,58	6,04	26,16	

**Límite Líquido**



$y = -0,1282x + 31,382$   
 $R^2 = 0,9995$

Contenido de Humedad

Número de Golpes

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>							
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>							
<b>Recipiente No.</b>	<b>Peso Suelo Hum. + Rec.</b>	<b>Peso Suelo Seco + Rec.</b>	<b>Peso Recipiente</b>	<b>Peso del Agua</b>	<b>Peso de la Muestra Seca</b>	<b>W %</b>	<b>Promedio W%</b>
35	8,26	7,80	6,15	0,46	1,65	27,88	26,14
17A	8,02	7,60	6,06	0,42	1,54	27,27	
60	7,80	7,60	6,06	0,20	1,54	12,99	
54	8,09	7,60	6,03	0,49	1,57	31,21	
44	7,77	7,40	6,22	0,37	1,18	31,36	
<b>RESULTADOS</b>							
<b>Límite Líquido (%)</b>		<b>Límite Plástico (%)</b>			<b>Índice de Plasticidad (%)</b>		
28,18		26,14			2,04		

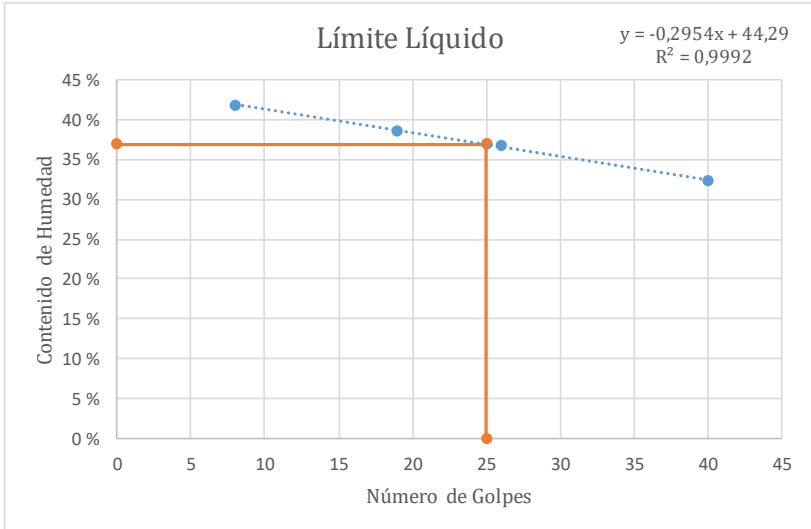
## Anexo 3.2. Muestra 2

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>								
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770755	9876341				
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	2					
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández					
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>								
Recipiente No.	Golpes	Peso Suelo Hum. + Rec.	Peso Suelo Seco + Rec.	Peso Recipiente	Peso del Agua	Peso de la Muestra Seca	W %	Promedio W%
06	8	15,70	14,30	11,50	1,40	2,80	50,00	41,89
38 Geo		15,70	14,70	11,74	1,00	2,96	33,78	
15	19	15,96	14,80	11,80	1,16	3,00	38,67	38,62
77		16,55	15,20	11,70	1,35	3,50	38,57	
31	26	20,11	18,30	13,30	1,81	5,00	36,20	36,78
23		16,57	15,30	11,90	1,27	3,40	37,35	
74	40	15,67	14,60	11,51	1,07	3,09	34,63	32,40
31		15,85	14,80	11,32	1,05	3,48	30,17	

**Límite Líquido**



$y = -0,2954x + 44,29$   
 $R^2 = 0,9992$





<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>							
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>							
<b>Recipiente No.</b>	<b>Peso Suelo Hum. + Rec.</b>	<b>Peso Suelo Seco + Rec.</b>	<b>Peso Recipiente</b>	<b>Peso del Agua</b>	<b>Peso de la Muestra Seca</b>	<b>W %</b>	<b>Promedio W%</b>
44	7,44	7,10	5,98	0,34	1,12	30,36	34,67
55	7,64	7,30	6,15	0,34	1,15	29,57	
10	7,44	7,00	6,08	0,44	0,92	47,83	
18 A	8,11	7,60	6,07	0,51	1,53	33,33	
83	8,20	7,70	6,15	0,50	1,55	32,26	
<b>RESULTADOS</b>							
<b>Límite Líquido (%)</b>		<b>Límite Plástico (%)</b>			<b>Índice de Plasticidad (%)</b>		
36,91		34,67			2,24		

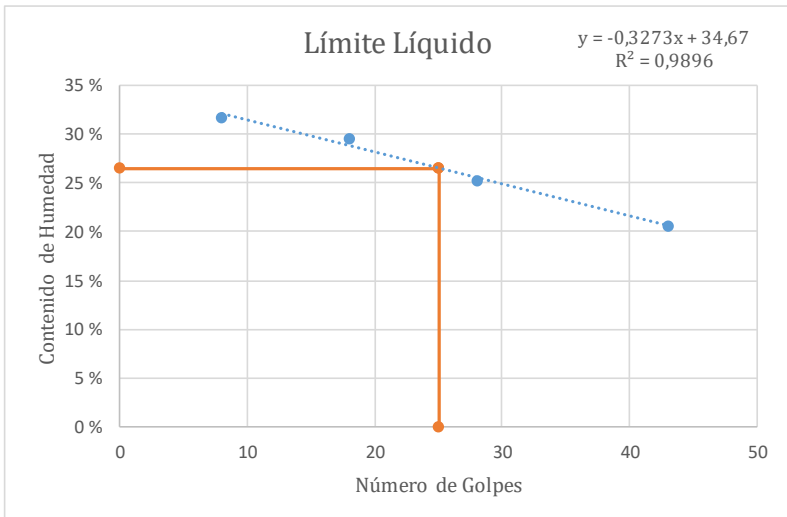
### Anexo 3.3. Muestra 3

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>								
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>								
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770717 9876318					
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	3					
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández					
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>								
Recipiente No.	Golpes	Peso Suelo Hum. + Rec.	Peso Suelo Seco + Rec.	Peso Recipiente	Peso del Agua	Peso de la Muestra Seca	W %	Promedio W%
12	8	19,20	17,90	13,20	1,30	4,70	27,66	31,69
61		19,80	18,30	14,10	1,50	4,20	35,71	
47	18	19,00	17,50	12,50	1,50	5,00	30,00	29,49
67 A		17,20	16,20	12,75	1,00	3,45	28,99	
107	28	16,10	15,30	12,33	0,80	2,97	26,94	25,17
69		18,40	17,30	12,60	1,10	4,70	23,40	
78	43	17,70	16,70	11,90	1,00	4,80	20,83	20,59
1 #3		18,30	17,10	11,20	1,20	5,90	20,34	



**Límite Líquido**

$y = -0,3273x + 34,67$   
 $R^2 = 0,9896$



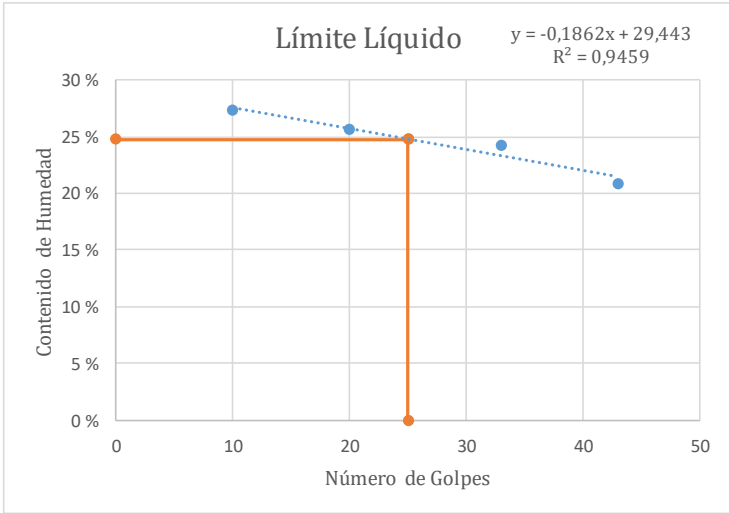
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>							
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>							
<b>Recipiente No.</b>	<b>Peso Suelo Hum. + Rec.</b>	<b>Peso Suelo Seco + Rec.</b>	<b>Peso Recipiente</b>	<b>Peso del Agua</b>	<b>Peso de la Muestra Seca</b>	<b>W %</b>	<b>Promedio W%</b>
50	8,90	8,40	5,90	0,50	2,50	20,00	24,81
71	8,80	8,20	6,20	0,60	2,00	30,00	
41	8,80	8,30	6,10	0,50	2,20	22,73	
R2	9,10	8,50	6,10	0,60	2,40	25,00	
792	17,40	16,90	15,00	0,50	1,90	26,32	
<b>RESULTADOS</b>							
<b>Límite Líquido (%)</b>		<b>Límite Plástico (%)</b>			<b>Índice de Plasticidad (%)</b>		
26,49		24,81			1,68		

### Anexo 3.4. Muestra 4

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>						
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>								
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770771	9876300				
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	4					
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández					
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>								
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>								
Recipiente No.	Golpes	Peso Suelo Hum. + Rec.	Peso Suelo Seco + Rec.	Peso Recipiente	Peso del Agua	Peso de la Muestra Seca	W %	Promedio W%
75 Geo	10	17,40	16,00	10,80	1,40	5,20	26,92	27,35
32 I		18,10	16,60	11,20	1,50	5,40	27,78	
7	20	22,30	21,30	17,50	1,00	3,80	26,32	25,66
8		22,20	21,30	17,70	0,90	3,60	25,00	
18	33	17,30	16,20	11,50	1,10	4,70	23,40	24,20
1		25,00	23,50	17,50	1,50	6,00	25,00	
5	43	24,00	22,80	15,20	1,20	7,60	15,79	20,83
26A		18,60	17,10	11,30	1,50	5,80	25,86	

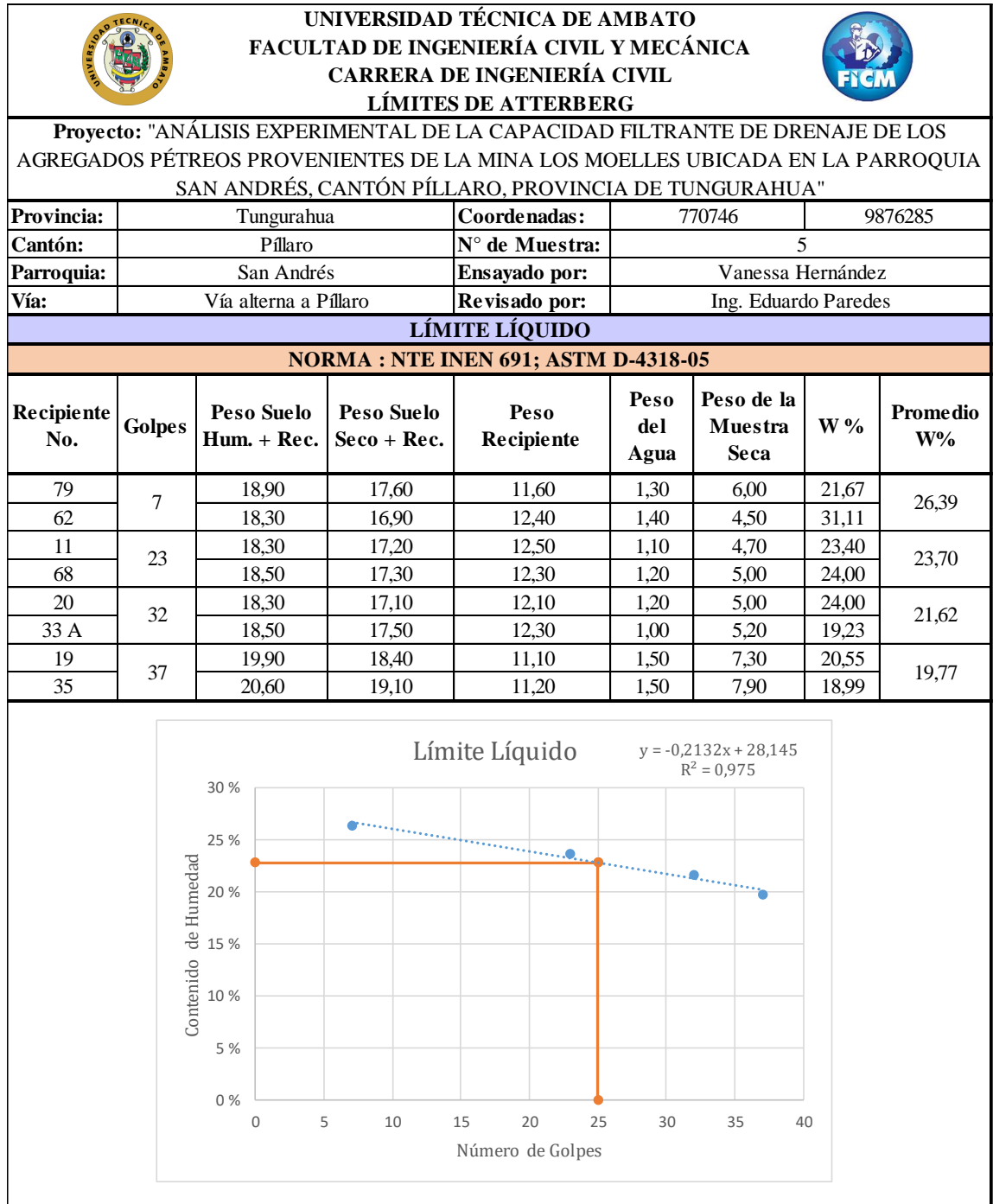
  

**Límite Líquido**  $y = -0,1862x + 29,443$   
 $R^2 = 0,9459$



<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>							
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>							
<b>Recipiente No.</b>	<b>Peso Suelo Hum. + Rec.</b>	<b>Peso Suelo Seco + Rec.</b>	<b>Peso Recipiente</b>	<b>Peso del Agua</b>	<b>Peso de la Muestra Seca</b>	<b>W %</b>	<b>Promedio W%</b>
66	7,50	7,30	6,10	0,20	1,20	16,67	21,33
51 RI	7,10	6,90	5,90	0,20	1,00	20,00	
37	7,30	7,10	6,30	0,20	0,80	25,00	
20	7,00	6,80	6,00	0,20	0,80	25,00	
35	7,30	7,10	6,10	0,20	1,00	20,00	
<b>RESULTADOS</b>							
<b>Límite Líquido (%)</b>		<b>Límite Plástico (%)</b>			<b>Índice de Plasticidad (%)</b>		
24,79		21,33			3,45		



### Anexo 3.5. Muestra 5



<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>							
<b>NORMA : NTE INEN 691; ASTM D-4318-05</b>							
<b>Recipiente No.</b>	<b>Peso Suelo Hum. + Rec.</b>	<b>Peso Suelo Seco + Rec.</b>	<b>Peso Recipiente</b>	<b>Peso del Agua</b>	<b>Peso de la Muestra Seca</b>	<b>W %</b>	<b>Promedio W%</b>
17	7,40	7,20	6,20	0,20	1,00	20,00	20,23
44	7,30	7,10	6,20	0,20	0,90	22,22	
17A	7,60	7,30	6,10	0,30	1,20	25,00	
60	7,00	6,90	6,10	0,10	0,80	12,50	
42	7,80	7,50	6,10	0,30	1,40	21,43	
<b>RESULTADOS</b>							
<b>Límite Líquido (%)</b>		<b>Límite Plástico (%)</b>			<b>Índice de Plasticidad (%)</b>		
22,82		20,23			2,58		



## Anexo 4: Coeficiente de Permeabilidad

### Anexo 4.1. Muestra 1

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770719 - 9876365			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	1			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Agregado Grueso</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	5	20,000	56,00	1,10	69,398	14,672
200	10	20,000	56,00	1,10	69,398	14,672
300	15	20,000	56,00	1,10	69,398	14,672
<b>PROMEDIO</b>						14,672
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Elevada
<b>Agregado Fino</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	189	0,529	56,00	18,30	69,398	0,023
200	399	0,501	56,00	18,30	69,398	0,022
300	615	0,488	56,00	18,30	69,398	0,022
<b>PROMEDIO</b>						0,022
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Media




Anexo 4.2. Muestra 2

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770755 - 9876341			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	2			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Agregado Grueso</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
200	7	28,571	56,00	1,10	69,398	20,960
400	15	26,667	56,00	1,10	69,398	19,562
600	23	26,087	56,00	1,10	69,398	19,137
<b>PROMEDIO</b>						19,886
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Elevada
<b>Agregado Fino</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
200	245	0,816	56,00	18,00	69,398	0,037
400	488	0,820	56,00	18,00	69,398	0,037
600	722	0,831	56,00	18,00	69,398	0,037
<b>PROMEDIO</b>						0,037
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Media



Anexo 4.3. Muestra 3

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770717 - 9876318			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	3			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Agregado Grueso</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	6	16,667	56,00	1,10	69,398	12,226
200	13	15,385	56,00	1,10	69,398	11,286
300	20	15,000	56,00	1,10	69,398	11,004
<b>PROMEDIO</b>						11,505
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Media
<b>Agregado Fino</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	740	0,135	56,00	16,40	69,398	0,007
200	1350	0,148	56,00	16,40	69,398	0,007
300	18012	0,017	56,00	16,40	69,398	0,001
<b>PROMEDIO</b>						0,005
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Baja


#### Anexo 4.4. Muestra 4

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770771 - 9876300			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	4			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Agregado Grueso</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	4	25,000	56,00	1,10	69,398	18,340
300	11	27,273	56,00	1,10	69,398	20,007
500	19	26,316	56,00	1,10	69,398	19,305
<b>PROMEDIO</b>						19,217
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Elevada
<b>Agregado Fino</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	163	0,613	56,00	13,50	69,398	0,037
300	439	0,683	56,00	13,50	69,398	0,041
500	730	0,685	56,00	13,50	69,398	0,041
<b>PROMEDIO</b>						0,039
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Media

Anexo 4.5. Muestra 5

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770746 - 9876285			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	5			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Agregado Grueso</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	4	25,000	56,00	1,10	69,398	18,340
150	6	25,000	56,00	1,10	69,398	18,340
200	8	25,000	56,00	1,10	69,398	18,340
<b>PROMEDIO</b>						18,340
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Elevada
<b>Agregado Fino</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	215	0,465	56,00	16,40	69,398	0,023
150	328	0,457	56,00	16,40	69,398	0,023
200	419	0,477	56,00	16,40	69,398	0,023
<b>PROMEDIO</b>						0,023
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Media

## Anexo 4.6. Limo



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b> 						
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua		<b>Coordenadas:</b>	770749 - 9876256		
<b>Cantón:</b>	Píllaro		<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles		
<b>Parroquia:</b>	San Andrés		<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández		
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro		<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes		
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Limo</b>						
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Caudal (cm<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b><math>\Delta h</math> (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>k (cm/s)</b>
50	1745	0,029	56,00	18,80	69,398	0,001
100	3544	0,028	56,00	18,80	69,398	0,001
150	5768	0,026	56,00	18,80	69,398	0,001
<b>PROMEDIO</b>						0,001
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Baja

## Anexo 5: Combinaciones de Drenaje


### Anexo 5.1. Combinación 1

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COMBINACIONES DE DRENAJE</b>				
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770749 - 9876256			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Grava Gruesa-Arena (17 cm) -Grava Fina</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	431	0,232	56,00	15,80	69,398	0,012
200	881	0,227	56,00	15,80	69,398	0,012
300	1346	0,223	56,00	15,80	69,398	0,011
<b>PROMEDIO</b>						0,012
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Baja

### Anexo 5.2. Combinación 2

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto: "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"</b>						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770749 - 9876256			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Grava Gruesa-Arena (5 cm) -Grava Fina</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	297	0,337	56,00	15,20	69,398	0,018
200	107	1,869	56,00	15,20	69,398	0,099
300	982	0,305	56,00	15,20	69,398	0,016
<b>PROMEDIO</b>						0,044
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Baja

### Anexo 5.3. Combinación 3

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770749 - 9876256			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>Grava Gruesa-Arena (2cm) -Grava Fina</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
100	133	0,752	56,00	15,60	69,398	0,039
200	309	0,647	56,00	15,60	69,398	0,033
300	543	0,552	56,00	15,60	69,398	0,029
<b>PROMEDIO</b>						0,034
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Baja

### Anexo 5.4. Combinación 4

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770749 - 9876256			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>1/2 Grava Gruesa-1/2 Grava Fina</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
200	10,66	18,762	56,00	1,10	69,398	13,763
400	22,93	17,444	56,00	1,10	69,398	12,797
600	39,01	15,381	56,00	1,10	69,398	11,283
<b>PROMEDIO</b>						12,614
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Elevada

### Anexo 5.5. Combinación 5

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770749 - 9876256			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>3/4 Grava Gruesa-1/4 Grava Fina</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
200	8,88	22,523	56,00	1,10	69,398	16,522
400	15,81	25,300	56,00	1,10	69,398	18,560
600	23,31	25,740	56,00	1,10	69,398	18,882
<b>PROMEDIO</b>						17,988
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Elevada






### Anexo 5.6. Combinación 6





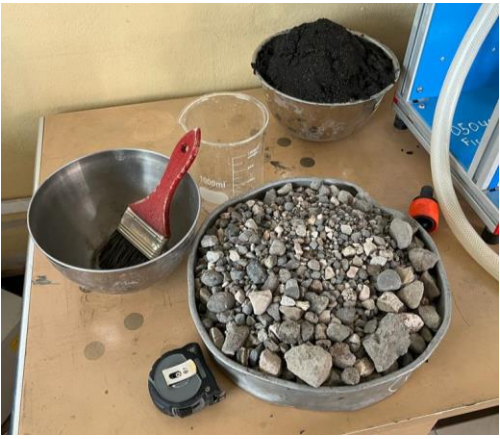

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD</b>				
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA CAPACIDAD FILTRANTE DE DRENAJE DE LOS AGREGADOS PÉTREOS PROVENIENTES DE LA MINA LOS MOELLES UBICADA EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"						
<b>Provincia:</b>	Tungurahua	<b>Coordenadas:</b>	770749 - 9876256			
<b>Cantón:</b>	Píllaro	<b>N° de Muestra:</b>	Mina Los Moelles			
<b>Parroquia:</b>	San Andrés	<b>Ensayado por:</b>	Vanessa Hernández			
<b>Vía:</b>	Vía alterna a Píllaro	<b>Revisado por:</b>	Ing. Eduardo Paredes			
<b>NORMA : BS 1377-5: 1990</b>						
<b>3/4 Grava Fina-1/4 Grava Gruesa</b>						
Volumen (cm <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (cm <sup>3</sup> /s)	Longitud (cm)	$\Delta h$ (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	k (cm/s)
200	8,65	23,121	56,00	1,10	69,398	16,961
400	16,73	23,909	56,00	1,10	69,398	17,539
600	24,64	24,351	56,00	1,10	69,398	17,863
<b>PROMEDIO</b>						17,455
<b>Grado de Permeabilidad</b>						Elevada









## ANEXO FOTOGRÁFICO

<b>Fotografía 1</b>	<b>Fotografía 2</b>
	
<p>Área Minera “Los Moelles”</p>	<p>Toma de muestras de agregados pétreos.</p>
<b>Fotografía 3</b>	<b>Fotografía 4</b>
	
<p>Muestras representativas de la Mina.</p>	<p>Secado de muestras en el horno eléctrico.</p>
<b>Fotografía 5</b>	<b>Fotografía 6</b>
	
<p>Ensayo de Contenido de Humedad.</p>	<p>Ensayo de Granulometría.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 7</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 8</b></p> 
<p style="text-align: center;">Peso retenido en el tamiz.</p>	<p style="text-align: center;">Ensayo de Límite Líquido.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 9</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 10</b></p>
	
<p style="text-align: center;">Determinación de Límite Líquido.</p>	<p style="text-align: center;">Ensayo de Límite Plástico.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 11</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 12</b></p>
	
<p style="text-align: center;">Determinación de Límite Plástico.</p>	<p style="text-align: center;">Tamizaje de Muestras.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 13</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 14</b></p> 
<p style="text-align: center;">Tamizaje manual de limo. <b>Fotografía 15</b></p>	<p style="text-align: center;">Grava, arena y limo. <b>Fotografía 16</b></p>
 <p style="text-align: center;">División de los agregados. <b>Fotografía 17</b></p>	 <p style="text-align: center;">Permeámetro de Drenaje. <b>Fotografía 18</b></p>
 <p style="text-align: center;">Agregado Grueso.</p>	 <p style="text-align: center;">Ensayo de Permeabilidad – Grava.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 19</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 20</b></p> 
<p style="text-align: center;">Ensayo de Permeabilidad – Arena.</p>	<p style="text-align: center;">Toma de muestra para cálculo de k.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 21</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 22</b></p> 
<p style="text-align: center;">Muestra de Limo.</p>	<p style="text-align: center;">Colocación del limo en el permeámetro.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 23</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 24</b></p> 
<p style="text-align: center;">Ensayo de Permeabilidad - Limo.</p>	<p style="text-align: center;">Tamizado grava gruesa – grava fina.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 25</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 26</b></p> 
<p style="text-align: center;">Combinación 1.</p>	<p style="text-align: center;">Combinación 2.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 27</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 28</b></p>
	
<p style="text-align: center;">Combinación 3.</p>	<p style="text-align: center;">Combinación 4.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 29</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Fotografía 30</b></p>
	
<p style="text-align: center;">Combinación 5.</p>	<p style="text-align: center;">Combinación 6.</p>