

# UCUENCA

**Facultad de Ingeniería**

**Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte III Cohorte**

Evaluación de la Capacidad Resistente (CBR) en Bases Granulares de materiales procedentes del Rio Paute

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Ingeniería en Vialidad y Transporte.

Autor:

Ing. Xavier Jacinto Tepán Vele

CI:0104057906

Correo electrónico: xavier8781@hotmail.com

Director:

Ing. Eduardo Tejeda Piusseaut, PhD

CI:0963616453

**Cuenca – Ecuador**

**21-julio-2022**

## Resumen:

En la construcción de obras viales, los pavimentos se componen de capas cuya resistencia disminuye con la profundidad. Las capas sobre las cuales se asientan las carpetas de rodadura son las denominadas "Bases Granulares". En Ecuador las características se establecen en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, Edición 2002, Secciones 404 y 814. Durante los controles de calidad en la construcción vial se obtienen apreciables variaciones en los resultados de los ensayos granulométricos (INEN 696), aunque los agregados presentan granulometría continua y se mantienen dentro de los límites granulométricos. Sin embargo, el valor del Índice Soporte de California, CBR (ASTM D1833) mayor al 80% obtenido en laboratorio, se consigue solo con un huso granulométrico. El estudio reveló las variaciones del CBR en los materiales granulares, en función de la composición granulométrica. Para ello se realizaron mezclas de materiales en el laboratorio (materiales obtenidos del proceso de trituración), que representan las curvas granulométricas de los materiales de base Clase 1B (Límite superior, intermedio e inferior de la faja granulométrica de la Tabla 404-1.1 - MOP 2002). Los resultados mostraron que la diferencia entre los valores del peso unitario máximo es insignificante. En las pruebas de CBR, sin embargo, hubo una diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los límites granulométricos superior e inferior de gradación.

**Palabras claves:** Base granular. Índice de Soporte de California. CBR. Peso unitario.

## **Abstract:**

In road construction, pavements are composed of layers whose strength decreases with depth. The layers on which the wearing courses are laid are called "Base Course". In Ecuador, the characteristics are established in the General Specifications for the Construction of Roads and Bridges, 2002 Edition, Sections 404 and 814. During quality controls in road construction, appreciable variations are obtained in the results of granulometric tests (INEN 696), although the aggregates present continuous granulometry and remain within the granulometric limits. However, the value of the California Bearing Rate, CBR (ASTM D1833) upper than 80% obtained in the laboratory, is achieved only with a granulometric spindle. The study revealed the variations of the CBR in granular materials, depending on the granulometric composition. For this purpose, mixtures of materials were made in the laboratory (materials obtained from the crushing process), that represent the granulometric curves of Class 1B base materials (upper, intermediate, and lower limit of the granulometric range of Table 404-1.1 - MOP 2002). The results showed that the difference between the maximum unit weight values is negligible. In the CBR tests, however, there was a significant difference between the results obtained at the upper and lower granulometric gradation limits.

**Keywords:** Base Course. California Bearing Ratio. CBR. Unit weight.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	12
1.1	Antecedentes.....	12
1.2	Justificación.....	13
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	General.....	13
1.3.2	Específicos.....	13
1.4	Generalidades .....	14
1.4.1	Zona de Estudio.....	14
1.4.2	Información de laboratorio.....	15
2	MARCO TEORICO .....	16
2.1	Producción de agregados pétreos .....	16
2.2	Clasificación de suelos.....	19
2.2.1	Sistema de clasificación de suelos AASHTO.....	19
2.2.2	Sistema de clasificación de suelos SUCS.....	20
2.3	Bases Granulares .....	22
2.4	Clasificación de las bases granulares. ....	22
2.4.1	Control de Calidad.....	24
2.5	Método Estandarizado ASTM D1557 para determinar la relación: Densidad y Humedad, con esfuerzo modificado. ....	24
2.5.1	Método A.....	25
2.5.2	Método B.....	25
2.5.3	Método C.....	26
2.6	Método Estandarizado ASTM D1883 para determinar la relación: Carga de California (CBR) en suelos compactados en laboratorio. ....	26



2.6.1	Curva esfuerzo - penetración.....	27
3	METODOLOGÍA .....	29
3.1	Ubicación de las canteras.....	29
3.2	Geología .....	32
3.2.1	Depósitos Coluviales.....	32
3.2.2	Depósitos coluviales recientes .....	33
3.3	Geología Local.....	33
3.3.1	La Virginia .....	33
3.3.2	San Ignacio y Marathon.....	34
3.4	Ensayos de laboratorio. ....	34
3.5	Preparación de muestras.....	35
3.6	Granulometría objetivo.....	38
4	RESULTADOS.....	40
4.1	Análisis granulométrico de las muestras, INEN 696(AASHTO T-11).....	41
4.2	Clasificación, límites de Atterberg y humedad natural.....	42
4.3	Densidad Seca Máxima y Humedad Optima.....	43
4.3.1	Relación de carga de California (CBR) de bases granulares.....	44
5	ANÁLISIS DE LA DEPENDENCIA DE LA RESISTENCIA A CBR DE LOS MATERIALES GRANULARES PARA BASES DE PAVIMENTOS DE LAS CANTERAS DEL RÍO PAUTE.....	47
5.1	La Humedad Optima.....	47
5.2	Densidad Máxima .....	47
5.3	Coeficiente de soporte de California CBR .....	48
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
6.1	Conclusiones .....	49
6.2	Recomendaciones .....	50

7	BIBLIOGRAFÍA .....	51
8	ANEXOS .....	53
8.1	Resultados de laboratorio ASFALTAR EP, muestras río Paute y La Virginia. 53	
8.2	Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M1. ....	59
8.3	Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M2. ....	60
8.4	Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M3. ....	61
8.5	Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M4. ....	62
8.6	Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M5. ....	63
8.7	Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M6. ....	64
8.8	Resultados de laboratorio muestra La Virginia – M7. ....	65
8.9	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica A-I. ....	66
8.10	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica A-M. ....	70
8.11	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica A-S. ....	74
8.12	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica B-I. ....	78
8.13	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica B-M. ....	82
8.14	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica B-S. ....	86
8.15	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica C-I. ....	90
8.16	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica C-M. ....	94
8.17	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica C-S. ....	98
8.18	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica D-I. ....	102
8.19	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica D-M. ....	106
8.20	Resultados de laboratorio mezcla granulométrica D-S. ....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Ubicación Geográfica de las Concesiones Mineras.....	14
Fig. 1.2 Ubicación geográfica de Minas ASFALTAR EP. ....	15
Fig. 2.1 Formación de la pila de material triturado. ....	17
Fig. 2.2 Proceso de producción de agregados pétreos .....	18
Fig. 2.3 Curva Esfuerzo - Penetración (ASTM D1883).....	28
Fig. 3.1 San Ignacio, código: 2708.....	30
Fig. 3.2 Marathon, código: 101857.....	31
Fig. 3.3 La Virginia, código: 10000385.....	31
Fig. 3.4 Litología de las concesiones mineras San Ignacio, Marathon y La Virginia.....	32
Fig. 3.5 Metavolcánicos La Virginia.....	33
Fig. 3.6 Gravas y arenas del rio Paute.....	34
Fig. 3.7 Equipos de Laboratorio (Balanza de precisión) .....	35
Fig. 3.8 Muestreo áridos La Virginia.....	36
Fig. 3.9 Muestreo áridos Marathon. ....	37
Fig. 3.10 Secado de las muestras.....	38
Fig. 3.11 Granulometría Clase 1, tipo B (Tabla 404-1.1) .....	39
Fig. 4.1 Curvas Granulométricas de las 7 muestras.....	41
Fig. 4.2 Recipientes utilizados para determinar la Humedad.....	43
Fig. 4.3 Pesaje: Molde Proctor + Muestra, curva B-M. ....	44
Fig. 4.4 Registro de Datos de Carga y Deformación. ....	46
Fig. 4.5 Ensayo CBR. Celda de Carga y Deformímetro. ....	46
Fig. 5.1 Humedad Optima de las Bases Granulares .....	47
Fig. 5.2 Densidad Máximas para Bases Granulares. ....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Límites granulométricos base C1, para los Tipos A y B.....	13
Tabla 1.2 Resultados de Laboratorio de agregados pétreos del Río Paute.....	16
Tabla 2.1 Sistema de clasificación AASHTO .....	19
Tabla 2.2 Sistema de clasificación SUCS .....	21
Tabla 2.3 Requerimiento Granulométrico, Base C2. ....	23
Tabla 2.4 Requerimiento Granulométrico, Base C3. ....	23
Tabla 2.5 Requerimiento Granulométrico, Base C4. ....	24
Tabla 2.6 Tiempo requerido de curado para las submuestras húmedas .....	26
Tabla 3.1 Concesiones Mineras Rio Paute, en fase de explotación. ....	29
Tabla 3.2 Coordenadas de las Concesiones Mineras de estudio, WGS84, Zona 17M.....	30
Tabla 3.3 Ensayos de laboratorio realizados. ....	34
Tabla 3.4 Tamaño de las muestras Norma INEN 695. ....	36
Tabla 3.5 Muestras obtenidas del río Paute.....	37
Tabla 3.6 Granulometría Base Clase 1B para ensayos.....	39
Tabla 3.7 Resumen de Mezcla de Bases Granulares .....	40
Tabla 3.8 Granulometría requerida para Bases Granulares clase 1, tipo B.....	40
Tabla 4.1 Análisis Granulométrico INEN 696 (AASHTO T-11) .....	42
Tabla 4.2 Clasificación de suelos de las muestras obtenidas en campo. ....	42
Tabla 4.3 Densidad Seca Máxima y Humedad Optima para Bases Granulares.....	43
Tabla 4.4 Valor de Soporte de California CBR para Base Granulares. ....	45

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Xavier Jacinto Tepan Vele en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**Evaluación de la Capacidad Resistente (CBR) en Bases Granulares de materiales procedentes del Rio Paute**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 21 de julio de 2022



---

Xavier Jacinto Tepán Vele

C.I: 0104057906

## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Xavier Jacinto Tepán Vele autor del trabajo de titulación "**Evaluación de la Capacidad Resistente (CBR) en Bases Granulares de materiales procedentes del Rio Paute**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor

Cuenca, 21 de julio de 2022



Xavier Jacinto Tepán Vele

C.I: 0104057906

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme esta la oportunidad; por darme la salud para cumplir esta nueva meta académica. También debo agradecer a mi esposa Mayra que cubrió toda mi ausencia con mis hijas Sofi y Dani y sobre todo por facilitarme siempre las cosas. Como no agradecer a mi director, el Ing. Eduardo Tejeda Piusseaut PhD por su rápida respuesta y debo siempre destacar sus grandes conocimientos. A lo largo de este tiempo se han sumado muchas personas que me han dado su apoyo, gracias. Finalmente, agradecer a Jorge, mi papa que siempre confió desde el primer día cuando fueron las pruebas de ingreso.

## DEDICATORIA

Dedico todos mis esfuerzos de esta maestría al motor de mi vida, mi esposa Mayra que desde el primer día de clases estuvo para apoyarme. También quiero agradecer a mi papá que nunca dudó de mí capacidad, aunque tuvo que partir muy pronto, siempre le llevaré en mi corazón.



## EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE

### 1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Antecedentes

A lo largo de la cuenca de río Paute se observan las concesiones mineras, zonas en donde se extraen los materiales pétreos para la producción de arena, grava, piedra, agregados triturados, bases granulares y subbases granulares. Los materiales son transportados hasta las plantas de trituración en el sector de El Descanso, punto estratégico para el suministro de materiales pétreos para el cantón Cuenca, Azogues y los cantones nororientales de la provincia del Azuay.

La producción promedio diaria de la planta de Trituración “La Virginia” de la empresa ASFALTAR EP es de 144 toneladas de Base Granular Clase I. Diariamente se suministran 90m<sup>3</sup> para realizar el mejoramiento vial de la Provincia del Azuay.

En las especificaciones constructivas del MTOP que se encuentran vigentes no se especifica el número de pruebas, la frecuencia, ni el lugar para el ensayo del CBR. En la tabla 404-1.6 de la Norma Ecuatoriana Vial - NEVI 12 se enumeran las verificaciones periódicas de calidad de los materiales, tampoco se menciona el ensayo CBR.

El método de diseño AASHTO 1993, es el más común en nuestro país para determinar los espesores de las capas que conforman el pavimento flexible. En este método la capa de base granular tiene un coeficiente estructural que se obtiene por la relación directa con el valor del CBR especificado. El costo y el tiempo para la obtención del valor de soporte es la limitación para realizar un adecuado control de calidad de la producción de las bases granulares. Establecer una correlación entre la resistencia a CBR de los materiales granulares utilizados en las bases de pavimentos procedentes de las canteras del Río Paute con su composición granulométrica, será indispensable para garantizar el cumplimiento del valor del CBR para los límites granulométricos (Tabla 404-1.1).

**Tabla 1.1 Límites granulométricos base C1, para los Tipos A y B.**

Tamiz	Porcentaje en peso, que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	—
1 1/2" (38.1 mm.)	70-100	100
1" (25.4 mm.)	55-85	70 - 100
3/4" (19.0 mm.)	50-80	60 - 90
3/8" (9.5 mm.)	35 - 60	45-75
Nº 4 (4.76 mm.)	25-50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20-40	20-50
Nº 40 (0.425 mm.)	10-25	10-25
Nº 200 (0.075 mm.)	2-12	2-12

Fuente: (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002)

## 1.2 Justificación

El tiempo promedio para la obtención del Valor de Soporte de California CBR (ASTM D1883) incluyendo la clasificación (INEN 696) y Proctor modificado (ASTM D1557) en muestras sumergidas es de 10 días. En este periodo se puede despachar a la obra en promedio 900m<sup>3</sup> de base granular (ASFALTAR EP 2021) con valores de CBR fuera de especificación, es decir, inferior al 80%.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 General

Establecer correlaciones entre la resistencia a CBR de los materiales granulares para bases de pavimentos de las canteras del Río Paute y la composición granulométrica.

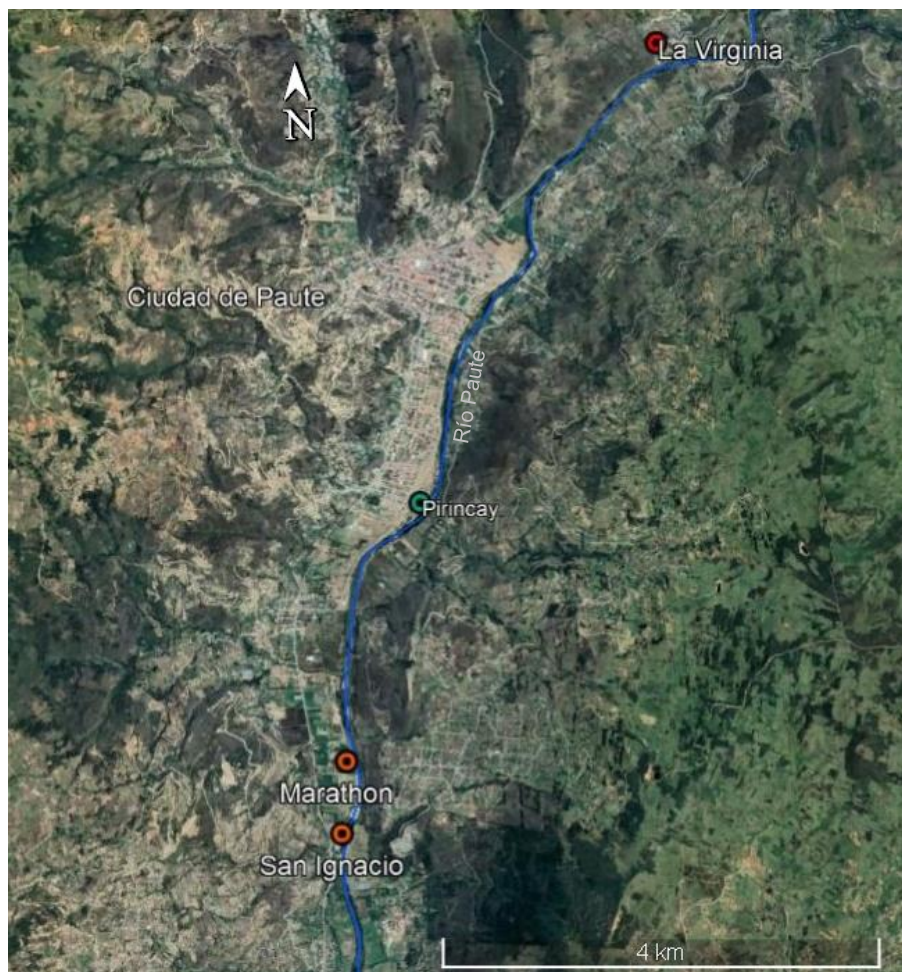
### 1.3.2 Específicos

- Establecer el Marco Teórico sobre la influencia de la composición granulométrica de los materiales granulares en la capacidad resistente de las bases no aglomeradas para pavimentos.
- Caracterizar los materiales granulares de bases Clase 1B, procedentes de las canteras del Río Paute.
- Establecer la dependencia de la resistencia a CBR de los materiales granulares para bases de pavimentos de las canteras del Río Paute, con su composición granulométrica.

## 1.4 Generalidades

### 1.4.1 Zona de Estudio

A lo largo del río Paute se han identificado las concesiones mineras: Marathon, San Ignacio y La Virginia. Estas se encuentran en estado de **explotación y procesamiento**, de acuerdo con el Sistema Geoportal de Catastro Minero de la “Agencia de Regulación y Control Recursos Naturales No Renovables”, La ubicación detallada se indica en la tabla 1.2.



**Fig. 1.1 Ubicación Geográfica de las Concesiones Mineras.**



Se debe indicar que durante el recorrido de identificación se observó que estaba en fase de explotación la concesión minera: Pirincay, con código catastral: 2087 sin embargo, en esta zona, el proceso llega hasta la etapa de cribado, no se tritura la piedra de río. Por estos motivos no fue de interés en esta investigación.

## 1.4.2 Información de laboratorio.

En los archivos de laboratorio de la empresa ASFALTAR EP se encontraron datos de ensayos sobre el desgaste químico y mecánico realizados a los áridos realizados en la Mina Rio Paute (Sector Uzhupud) y la Virginia.

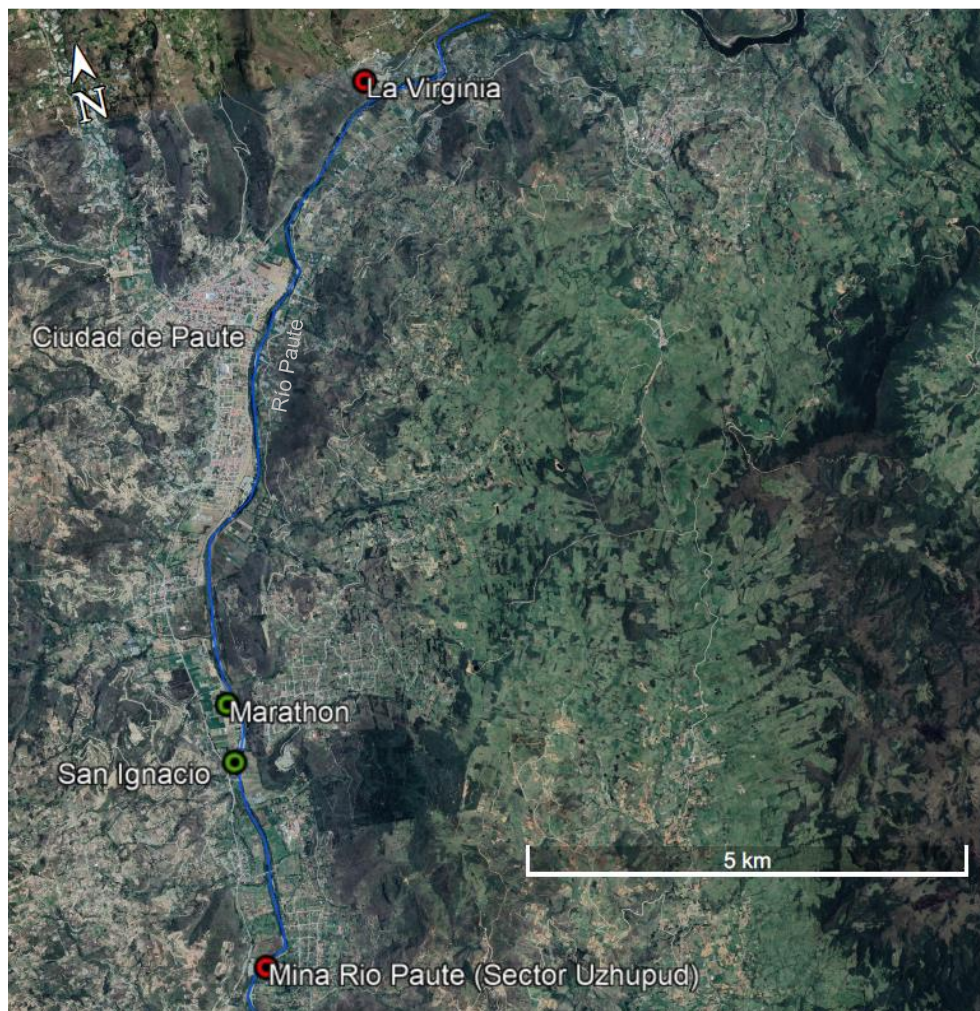


Fig. 1.2 Ubicación geográfica de Minas ASFALTAR EP.

**Tabla 1.2 Resultados de Laboratorio de agregados pétreos del Río Paute.**

Ensayo	Norma	Resultado	
		Mina Rio Paute (Sector Uzhupud)	La Virginia
Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37.5 mm. mediante el uso de la máquina de los ángeles.	INEN 860 (AASHTO T-96)	28.90	23.00
Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio	INEN 863 (AASHTO T-104)	5.74	9.98

Fuente: Ensayos ASFALTAR EP, ver anexo 8.1.

Las operaciones de la Empresa de Áridos y Asfaltos de la Prefectura del Azuay en el sector de Uzhupud terminaron en febrero del 2016. En este sitio se procesó el material del Río Paute para la obtención de áridos para mezclas asfálticas.

## 2 MARCO TEORICO

En este capítulo se presenta la descripción de la producción de agregados pétreos, actividades que son realizadas luego de la extracción de los materiales. También se indica la definición de la base granular, clase 1 - Tipo B. Finalmente se realiza un resumen de los ensayos ASTM D 1557 y 1883.

### 2.1 Producción de agregados pétreos

Los Áridos o Agregados pétreos es el nombre genérico para distintos conjuntos de partículas minerales, de diferentes tamaños, que proceden de la fragmentación natural o

artificial de las rocas (MOP, 2002). El conjunto de materiales está comprendido desde los finos o rellenos, las arenas, las gravillas y la grava o piedra.

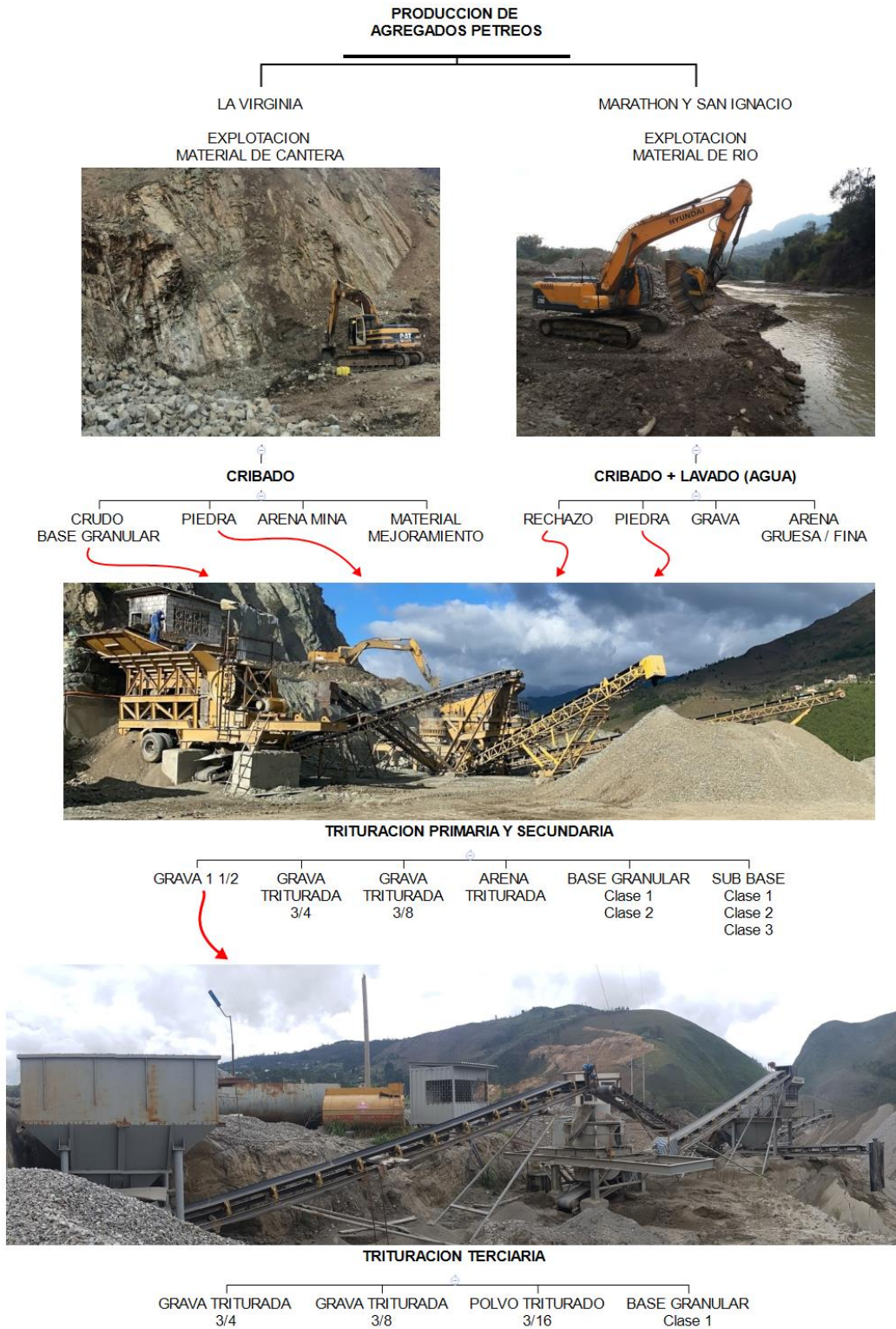
En los recorridos realizados por las plantas de trituración se ha observado que el procesamiento de los materiales extraídos luego de separar las partes finas y gruesas (Cribado) son triturados utilizando equipos mecánicos. Las plantas de Procesamiento están dotadas de transportadores que circulan el material desde la Trituración primaria, Zaranda Vibratoria y Trituración Secundaria. Cuando la piedra triturada cumple con el tamaño (Pasa la malla de la Zaranda), es dirigido hacia la banda de descarga en donde se forma la pila de material.



**Fig. 2.1 Formación de la pila de material triturado.**

En la Figura 2.2 se ha resumido el proceso de la obtención de materiales de construcción, en donde se identifica a la base granular clase 1.





**Fig. 2.2** Proceso de producción de agregados pétreos

Fuente: Elaboración Propia.

## 2.2 Clasificación de suelos

La clasificación de un suelo triturado se determina realizando pruebas relativamente sencillas en muestras del suelo. Los resultados se correlacionan con la experiencia de campo. Las propiedades técnicas de un suelo para usarse en la construcción vial pueden predecirse a partir de su clasificación, esto no debe considerarse como un sustituto de la investigación detallada de las propiedades de los suelos. "La clasificación de un suelo debe considerarse como un medio para obtener una idea general de cómo se va a comportar el suelo si se usa como material para subrasante o subbase." (["La Ingeniería de Suelos en El Diseño de Vías | PDF - Scribd"](#))

### 2.2.1 Sistema de clasificación de suelos AASHTO

El sistema de clasificación de la AASHTO se basa en el Sistema de Clasificación de Caminos Públicos que se desarrolló a partir de los resultados de investigación extensa realizada, por el Buró de Caminos Públicos, conocido actualmente como la Administración Federal de Carreteras. La AASHTO ha descrito a este sistema como un medio de determinación de la cantidad relativa de suelos para usarse en terraplenes, subrasantes, subbases y bases. Los suelos se clasifican en siete grupos, A-1 hasta A-7, con varios subgrupos, como se muestra en la tabla 2.1. La clasificación de un suelo dado se basa en su distribución de tamaño de partículas, en el valor del LL, y en el valor del PI.

**Tabla 2.1 Sistema de clasificación AASHTO**

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos que pasan el No. 200)						Materiales limoso-arcillosos (más del 35% que pasan el No. 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4			A-5	A-6
Clasificación por grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5, A-7-6
Tamizado, por ciento que pasa											
No. 10	50 máx.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.
Características de la fracción que pasa la No. 40											
Límite líquido	—	—	—	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.
Índice plástico	6 máx.	—	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx.	10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx.*
Tipos comunes de materiales con componentes importantes	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosas y arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Calificación general para subrasante	Excelente a buena						Regular a deficiente				

Fuente: (Nicholas J. Garber, 2007)



## 2.2.2 Sistema de clasificación de suelos SUCS

El sistema SUCS original se desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial para usarse en la construcción de pistas aéreas. Este sistema ha sido modificado varias veces para obtener la versión vigente, que también puede aplicarse a otros tipos de construcciones tales como presas y cimentaciones. La premisa fundamental que se usa en el sistema SUCS es que las propiedades técnicas de un suelo de grano grueso dependen de su granulometría, mientras que las de un suelo de grano fino dependen de su plasticidad. Entonces, el sistema clasifica a los suelos de grano grueso sobre la base de las características de tamaño de grano y a los suelos de grano fino de acuerdo con las características de plasticidad. En la tabla 2.2 se indican los símbolos, nombres típicos y los criterios de clasificación en el laboratorio.

## Tabla 2.2 Sistema de clasificación SUCS

Divisiones principales		Símbolos del grupo		Nombres típicos		Criterios de clasificación en el laboratorio			
Suelos de grano grueso [Más de la mitad del material es mayor que el tamaño del tamiz No. 200 (es retenido)]	Gravas [Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamaño del tamiz No. 4 (es retenida)]	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos		Determinense los porcentajes de grava y arena de la curva granulométrica. Dependiendo del porcentaje de finos [fracción más pequeña que el tamaño del tamiz No. 200 (fracción que pasa)], los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5 por ciento GW, GP, SW, SP Más del 12 por ciento GM, GC, SM, SC Casos de frontera que requieren símbolos dobles <sup>b</sup>	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ mayor de 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3	No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos						
		GM <sup>a</sup>	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		Límites de Atterberg debajo de la línea "A" o PI menor que 4	Arriba de la línea "A" y con PI entre 4 y 7 son casos de <i>frontera</i> que requieren símbolos dobles		
			u	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla		Límites de Atterberg arriba de la línea "A" con PI mayor que 7			
	Arenas [Más de la mitad de la fracción gruesa es más pequeña que el tamaño del tamiz No. 4 (pasa)]	Arenas limpias (poco o nada de partículas finas)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ mayor de 6; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ entre 1 y 3	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW		
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos					
		SM <sup>a</sup>	d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo			Límites de Atterberg debajo de la línea "A" o PI menor que 4	Los límites que se sitúan en la zona sombreada con PI entre 4 y 7 son casos de <i>frontera</i> que requieren el uso de símbolos dobles	
			u	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla			Límites de Atterberg arriba de la línea "A" con PI mayor que 7		
		Suelos de grano fino [Más de la mitad del material es más pequeño que el tamiz No. 200 (material que pasa)]	Limos y arcillas (límite líquido menor que 50)	ML			Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos ligeramente plásticos		<p>Carta de plasticidad</p>
				CL			Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres		
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad								
Limos y arcillas (límite líquido mayor que 50)	MH		Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatómicos, limos elásticos						
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas							
	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos							
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos							

Fuente: (Nicholas J. Garber, 2007)

## 2.3 Bases Granulares

En las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. se establece a las bases granulares como: “La capa (o capas) de espesor definido, de materiales sujetos a determinadas especificaciones, colocada sobre la subbase o la subrasante para soportar las capas de superficie o rodadura” (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002).

La base granular es la capa de la estructura de pavimento que por lo general recibe a la carpeta asfáltica en el pavimento flexible, a la losa de concreto en uno de tipo rígido y a la capa estabilizada con aglomerante hidráulico en uno de tipo semirrígido. Esta capa está compuesta por materiales granulares (piedra partida) no tratados puestos sobre la subbase. En algunas ocasiones esta capa puede ser construida directamente sobre la subrasante cuando esta capa presenta buen comportamiento mecánico, es decir un valor de CBR aceptable. La principal función de esta capa respecto a los pavimentos flexibles es transferir las cargas del tránsito con valores adecuados a las capas inferiores. La capa de Base aporta al drenaje y agiliza los procesos constructivos. En los pavimentos rígidos estas capas cumplen con la función principal anular el problema de bombeo hidráulico (Quintana, 2015).

## 2.4 Clasificación de las bases granulares.

En Ecuador la normativa vigente para el control de calidad de las Bases Granulares son las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, Edición 2002, Secciones 404 y 814, se clasifican de acuerdo con al tipo de materiales a emplearse de la siguiente manera:

- **Clase 1:**

Son las bases compuestas por áridos pétreos finos y gruesos, triturados en un cien por ciento (100%), de granulometría uniformemente, dentro de la faja granulométrica indicada para los agregados tipos A y B, ver la tabla 1.1. Sin embargo, si fuera necesario relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación (requerimientos del Fiscalizador) se podrá completar la granulometría con agregado proveniente de una trituración adicional, o con arena fina, que serán mezclados necesariamente en la planta de trituración. (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002, pág. 250)

- **Clase 2:**

Son las bases granulares formadas por el producto de la trituración de rocas o gravas, donde la porción de árido grueso (retenido en el tamiz N°4), deberá contar con al menos el 50% en peso de material triturado. Estos agregados deben tener una gradación uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 2.3 que se indica a continuación. (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002, pág. 250)

**Tabla 2.3 Requerimiento Granulométrico, Base C2.**

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4"(19.0 mm.)	70-100
3/8"(9.5 mm.)	50-80
N° 4 (4.76 mm.)	35 - 65
N° 10 (2.00 mm.)	25-50
N°40 (0.425 mm.)	15-30
N° 200 (0.075 mm.)	3-15

Fuente: (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002)

- **Clase 3:**

Son bases granulares compuestas por partículas de roca o grava, en donde el agregado grueso (Retenido en el tamiz N°4) deberá ser triturado mínimo el 25% en peso. Los límites granulométricos son indicados en la tabla 2.4. (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002, pág. 251)

**Tabla 2.4 Requerimiento Granulométrico, Base C3.**

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
3/4"(19.0 mm.)	100
N°4 (4.76 mm.)	45-80
N° 10 (2.00 mm.)	30-60
N° 40 (0.425 mm.)	20 - 35
N° 200 (0.075 mm.)	3-15

Fuente: (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002)

- **Clase 4:**

Son bases granulares formadas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras partidas naturalmente o de gravas que tienen una gradación uniforme y se encuentran dentro de los límites granulométricos indicados en la siguiente tabla. (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002, pág. 251)

**Tabla 2.5 Requerimiento Granulométrico, Base C4.**

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60-90
N°4 (4.76 mm.)	20-50
N° 200 (0.075 mm.)	0-15

Fuente: (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002)

## 2.4.1 Control de Calidad.

Para comprobar la calidad de la construcción de las capas de bases granulares, en las especificaciones constructivas del MOP 2002 se establece que: En todas las capas se realicen los ensayos de control de densidad de campo, usando un equipo nuclear (densímetro) debidamente calibrado o se podrá realizar el ensayo AASHTO T-147 o T-191 (control de densidades). El valor mínimo de la capa de base granular no podrá ser menor que el cien por cien (100%) de la densidad máxima conseguida con los ensayos establecidos en las normas AASHTO T-180 (Densidad Máxima y Humedad Optima realizados) (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002).

## 2.5 Método Estandarizado ASTM D1557 para determinar la relación: Densidad y Humedad, con esfuerzo modificado.

El método ASTM D1557, incluye los métodos de compactación de laboratorio de suelos utilizados para establecer la relación entre el contenido de agua de hidratación vs. la densidad (peso unitario seco) de los suelos compactados (La curva de compactación) en una capa de 4 o 6 pulgadas. (101.6 o 152.4 mm.) de diámetro del molde con 10.00 lbf. (44.48 N) del apisonador que se deja caer desde una altura de 18.00 pulg. (457.2 mm.) produciendo un esfuerzo de compactación de 56,000 ft – lbf / ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m / m<sup>3</sup>). El suelo

o material debe considerarse para este ensayo a: Los suelos naturales de grano fino y grueso, también a los compuestos o mezclas de suelos naturales con procesados (agregados pétreos como grava o roca triturada). Estos métodos de prueba se aplican solo a materiales que tienen un 30 % o menos en masa de sus partículas retenidas en el tamiz 3/4 de pulgada. (19.00 mm.) y no hayan sido previamente compactados en el laboratorio (Material no utilizado en otros ensayos). Se cuentan con tres métodos (A, B y C). El utilizado será el indicado en la especificación del suelo que se va a probar. Si no se exige ningún método, la elección debe fundamentarse en los tamaños de grano del material (ASTM D1557, 2002).

## **2.5.1 Método A**

- Molde: 4 pulg. (101.6 mm.) de diámetro.
- Material: Masa que pasa el tamiz No. 4 (4.75 mm.).
- Capas: Cinco (5).
- Golpes por capa: Veinte y cinco (25)
- Uso: se puede usar si el 25 % o menos en masa del material se retiene en el tamiz No. 4 (4.75mm.). Sin embargo, si se retiene del 5 al 25 % en masa del material en el tamiz N°4 (4,75mm), se puede usar el método A, pero se requerirán correcciones por exceso de tamaño y no hay ventajas al usar el método A.
- Uso alternativo: si no se puede cumplir con este requisito de gradación, se pueden usar los métodos B o C.

## **2.5.2 Método B**

- Molde: 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.
- Material: Pasante del tamiz 3/8 pulg. (9,5 mm).
- Capas: Cinco (5).
- Golpes por capa: Veinte y cinco (25).
- Uso: se puede usar si el 25 % o menos en masa del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg. (9.5mm.). Sin embargo, si se retiene del 5 al 25 % del material en los 3/8 pulg. (9.5mm.), se puede usar el método B, pero se requerirán correcciones de tamaño excesivo. Para este caso, las únicas ventajas de usar el Método B en lugar del C son: La cantidad menor de muestra y que el molde más pequeño es más fácil de utilizar.
- Uso alternativo: si no se puede cumplir con este requisito de gradación, entonces se

puede usar el Método C.

### 2.5.3 Método C

- Molde: 6 pulg. (152.4 mm.) de diámetro.
- Material: Pasante del tamiz 3/4 pulg. (19.0 mm.).
- Capas: Cinco (5).
- Golpes por capa: Cincuenta y seis (56).
- Uso: se puede usar si el 30 % o menos en masa del material se retiene en el tamiz 3/4 pulg. (19.0 mm.).
- El molde de 6 pulgadas. (152.4 mm.) de diámetro no se debe utilizar con el método A o B.

Si la muestra contiene más del 5 % en masa de fracción de sobre tamaño (fracción gruesa) y este material no se incluirá en el ensayo, se harán correcciones al: Peso unitario y al contenido de agua de humectación del espécimen de prueba. Este método de prueba por lo general entregará un peso unitario seco máximo preciso para suelos que no drenan libremente. Si este método se usa para suelos de drenaje libre, el peso unitario seco máximo puede no ser bien determinado y puede obtenerse un valor menor que el de los métodos de prueba D4253. (ASTM D1557, 2002)

De acuerdo con la clasificación del suelo previo a ser compactado debe tener un tiempo de curado, como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 2.6 Tiempo requerido de curado para las submuestras húmedas**

Clasificación del suelo	Tiempo de curado, h
GW, GP, SW, SP	No requiere
SW, SP	3
Todos los demás suelos	16

### 2.6 Método Estandarizado ASTM D1883 para determinar la relación: Carga de California (CBR) en suelos compactados en laboratorio.

Este método de prueba sirve para la determinación de la relación de carga de California (CBR) de las muestras compactados en el laboratorio. El ensayo está propuesto principalmente para evaluar la resistencia de los suelos que tienen un tamaño máximo de partículas inferiores a 3/4 pulg. (19.0 mm.).

Cuando se requiera ensayar materiales que tengan un tamaño máximo de partícula superior a 3/4 pulg. (19.0 mm.), este ensayo permite modificar la granulometría del material de modo que el suelo utilizado para el ensayo pase el 100% el tamiz 3/4 de pulgada (19.00 mm.) mientras que la fracción total de gruesos (material que pasa por el tamiz de 3.0 pulg. (75.0 mm.) y retenido en el tamiz No.4(4.75 mm.)) permanece sin modificación. Si bien este ensayo de preparación de muestras se ha utilizado para evitar el error respecto a la prueba de materiales que contienen partículas de sobre tamaño en los moldes de prueba CBR, el material modificado puede tener propiedades diferentes a las del material original. Sin embargo, a treves del tiempo se cuenta con suficiente experiencia utilizando este método estándar de prueba para suelos, los cuales se ha modificado la granulometría. En la práctica se ha visto que los valores de CBR para aquellos suelos que tienen porcentajes altos de partículas retenidas en el tamiz No.4(4.75 mm.) son más inestables que para materiales más finos. Es decir, pueda que se soliciten más ensayos con estos materiales para obtener un valor CBR confiable.

Este ensayo estándar proporciona la determinación del CBR de un suelo con un contenido de agua de humectación óptimo o para un rango de contenido de agua a partir de una prueba de compactación específica y un peso unitario seco específico. El peso unitario seco generalmente se obtiene por los métodos de prueba ASTM D698 o D1557. La persona que solicita la prueba CBR, tiene que detallar el contenido de agua o el rango de contenido de agua, la densidad seca para el cual se desea obtener el valor del CBR.

Los moldes con las muestras deben sumergirse antes de la penetración, esto puede excluirse si se justifica que no hay variación.

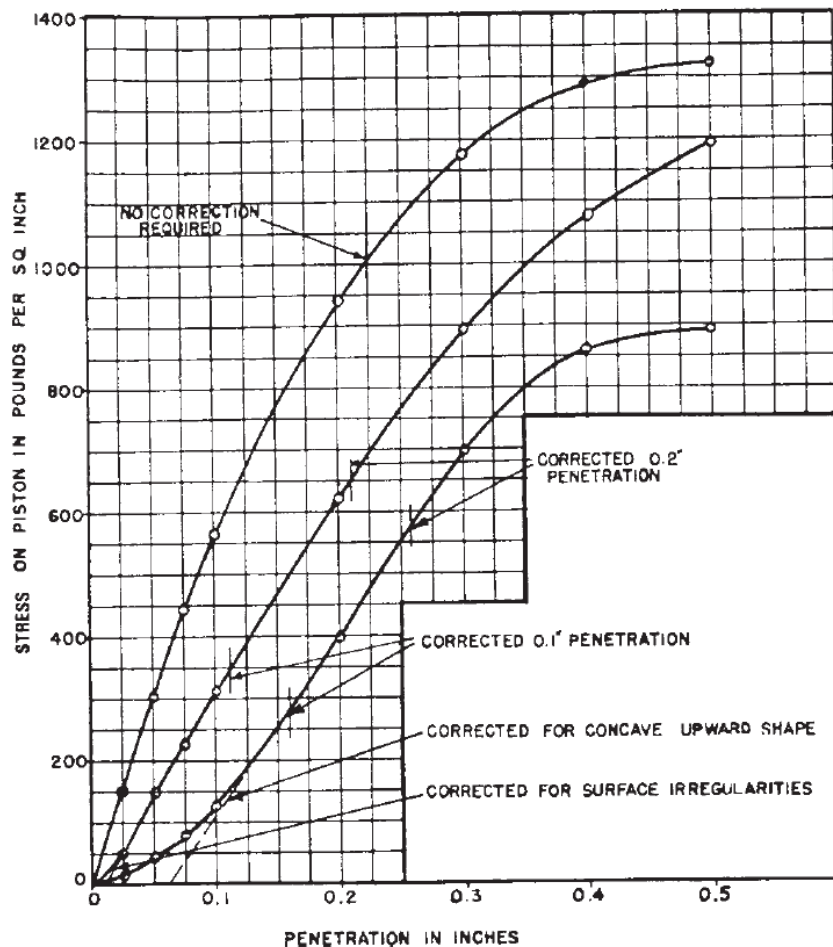
El método CBR se expresa como la relación proporcional porcentual entre: el esfuerzo requerido para que el pistón de sección circular penetre 2.54 o 5.08 mm. (0.1 o 0.2 pulg.) dentro de la muestra de ensayo a una velocidad de 1.27mm. (0.05 pulg.) /min, y el esfuerzo que demandó para penetrar a las mismas profundidades un espécimen patrón de grava bien gradada.

## **2.6.1 Curva esfuerzo - penetración**

La presión aplicada por el pistón de sección circular en cada penetración (Esfuerzo: Carga aplicada / Área del pistón) se grafica junto con la profundidad de penetración obteniéndose



una curva. En ciertas ocasiones la curva generada resulta cóncava hacia arriba en su parte inicial, variación ocasionada por las irregularidades en la superficie de la muestra o a otras causas y, en tal caso, el punto cero (origen) de la curva se debe ajustar como se muestra en la Figura 2.3. La corrección radica en delinear una tangente a la curva en el punto de inflexión, cuya extensión hasta el eje de abscisas definirá el nuevo origen de esa curva, con el valor de penetración cero. Esto, se realiza para la determinación de los esfuerzos correspondientes a 0.1 y 0.2 pulg. Es necesario dibujar una curva por cada muestra ensayada (ASTM D1883, 1999).



**Fig. 2.3 Curva Esfuerzo - Penetración (ASTM D1883)**

En este ensayo estándar se puede obtener el CBR al 100% de compactación (Densidad máxima seca) y a la humedad óptima. Para esta alternativa se prepara una muestra de suelo usando el procedimiento de compactación estándar (ASTM D1557) con el suelo que contenga el contenido óptimo de agua de humectación ( $\pm 0.5 \%$ ), valor determinado de acuerdo con la norma ASTM D2216.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Ubicación de las canteras

A lo largo del río Paute se han identificado varias concesiones en el Sistema Geoportal del Catastro Minero de la ARCERNNR (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2022). Se seleccionaron las zonas de donde se extraen materiales para la trituración de bases granulares. Estas son:

1. San Ignacio.
2. Marathon
3. La Virginia

En el Sistema Geoportal de Catastro Minero de la ARCERNNR, la información sobre las zonas de estudio es la siguiente:

**Tabla 3.1 Concesiones Mineras Río Paute, en fase de explotación.**

	Marathon	San Ignacio	La Virginia
Código catastral	101857	2708	10000385
Fase del recurso mineral	Exploración explotación	Exploración explotación	
Tipo de solicitud	Concesión minera	Concesión minera	Libre aprovechamiento
Provincia	Azuay	Azuay	Azuay
Cantón	Paute	Paute	Paute
Parroquia	Chicán	Paute	Dug Dug
Mineral de interés	Piedra de río	Piedra de río	Cascajo
Estado actual	Inscrita	Inscrita	Inscrita
Superficie, ha.	75,00	17,00	14,00
Tipo de mineral	Material de construcción	Material de construcción	Material de construcción

Fuente: CATASTRO MINERO. "AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES" ("Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no ...")

En la siguiente tabla se indican las coordenadas de las concesiones desde donde se extrae el material minero.

**Tabla 3.2 Coordenadas de las Concesiones Mineras de estudio, WGS84, Zona 17M.**

	Marathon	San Ignacio	La Virginia
Este	747936.00 m E	747871.00 m E	751092.00 m E
Norte	9688132.00 m S	9687479.00 m S	9694734.00 m S

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo en el portal digital de la ARCERNNR se muestra la demarcación de la concesión en la ortofoto, esto para las tres zonas de interés que se muestran a continuación en donde se observa que están atravesadas por el río Paute



**Fig. 3.1 San Ignacio, código: 2708**





Fig. 3.2 Marathon, código: 101857



Fig. 3.3 La Virginia, código: 10000385

## 3.2 Geología

El cantón Paute, durante años se ha caracterizado por ser el principal proveedor de materiales de construcción para el cantón Cuenca. Esta demanda cambio a partir del año 1993 cuando las explotaciones a pie de montaña provocaron el deslizamiento del cerro Tamuga que represó el rio Paute durante 33 días con una acumulación aproximada de 200 millones de metros cúbicos. Estos eventos modificaron la geología del rio Paute, por esta razón a continuación se describe la geología realizada en 1974 y la actualizada en 1998.

### 3.2.1 Depósitos Coluviales

Varios de los valles tienen sus laderas cubiertas, con una capa de material coluvial, proveniente de rocas que se han transportado llevadas por la gravedad. Este material quizás se originó como talud durante el Pleistoceno tardío, pero su formación continua hasta la actualidad (Instituto Geográfico Militar, 1974)

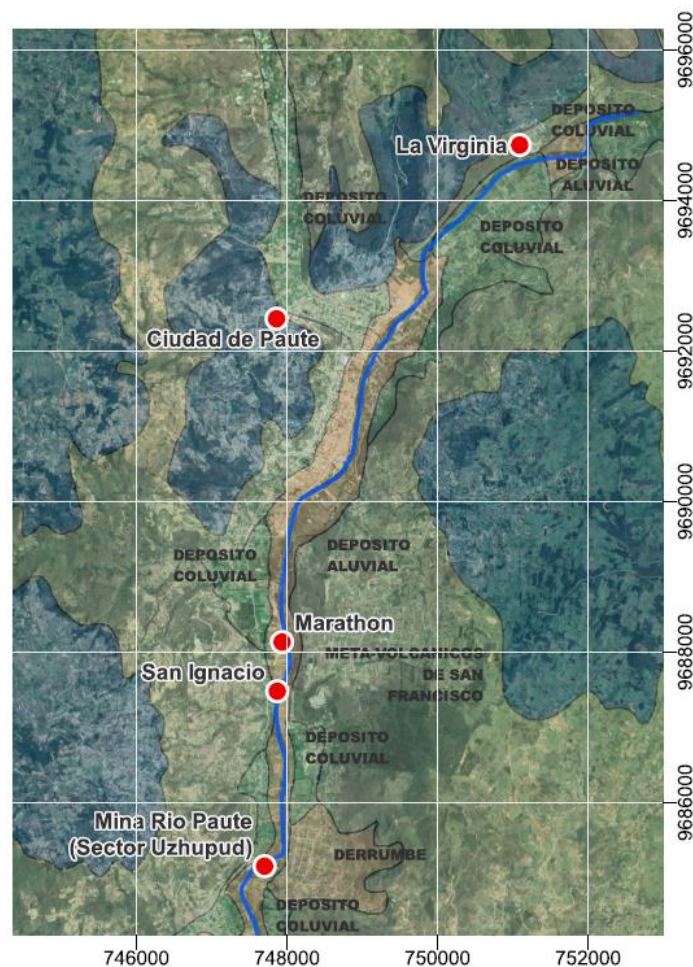


Fig. 3.4 Litología de las concesiones mineras San Ignacio, Marathon y La Virginia.



## 3.2.2 Depósitos coluviales recientes

Son los Depósitos de ladera y de pie de talud formados con materiales que sufrieron poco transporte (acarreo), son generalmente heterogéneos dependiendo el sector y el fenómeno de inestabilidad desencadenante. De manera general se constituyen de mezclas de bloques y fragmentos angulares y subangulares en matriz limo arcillosa con micro fragmentos. Los depósitos coluviales más recientes, que están presentes en el área de estudio fueron producidos por el desagüe del lago formado por el deslizamiento de “La Josefina”. (PROYECTO PRECUPA, 1998)

## 3.3 Geología Local

Para la selección de las canteras, en donde se evidencie la extracción y procesamiento (trituración) de los agregados pétreos, se realizó una visita de campo.

### 3.3.1 La Virginia

Existen taludes con una potencia mayor a los 30m, el ángulo de buzamiento entre 70-80 grados y presencia de vegetación (Plataforma trituradora). Producto de la estabilización se han removido bloques metavolcánicos, material que sirve para trituración de la base granular.



**Fig. 3.5 Metavolcánicos La Virginia.**

### 3.3.2 San Ignacio y Marathon

En la extracción de los recursos minerales del río Paute se observan gran presencia de material coluvial (Gravas y arenas) que se acumulan en el río provocando la reducción de la sección y el aumento de la velocidad de flujo.



**Fig. 3.6 Gravas y arenas del río Paute**

### 3.4 Ensayos de laboratorio.

Con el objeto de caracterizar a los materiales muestreados en campo se realizaron los siguientes ensayos:

**Tabla 3.3 Ensayos de laboratorio realizados.**

Ensayo	Norma
Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.	INEN 696(AASHTO T-11)
Mecánica de suelos determinación del límite líquido método de casa grande	INEN 691 (AASHTO T-89)
Mecánica de suelos determinación del límite plástico	INEN 692 (AASHTO T-90)
Clasificación de Suelos método SUCS	ASTM D2487-00
Clasificación de Suelos método AASHTO	ASTM D3282-93
Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft <sup>3</sup> (2,700 kN-m/m <sup>3</sup> ))	ASTM D1557-02
Standard test method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils	ASTM D1883-99

Los equipos de laboratorio utilizados fueron calibrados previo al inicio de las pruebas. Se utilizaron equipos de la marca: Humboldt MFG y Ohaus.



**Fig. 3.7 Equipos de Laboratorio (Balanza de precisión)**

### 3.5 Preparación de muestras

La norma INEN 695, establece los procedimientos para la toma de muestras de suelos, gruesos y finos para los siguientes fines:

- Investigación preliminar de una fuente potencial de abastecimiento (Exploración),
- Control del producto en la fuente de abastecimiento (Planta de procesamiento),
- Aceptación o rechazo de los materiales (en obra).

Los muestreos fueron realizados en las pilas de producción y en las cantidades de acuerdo con la tabla 3.4



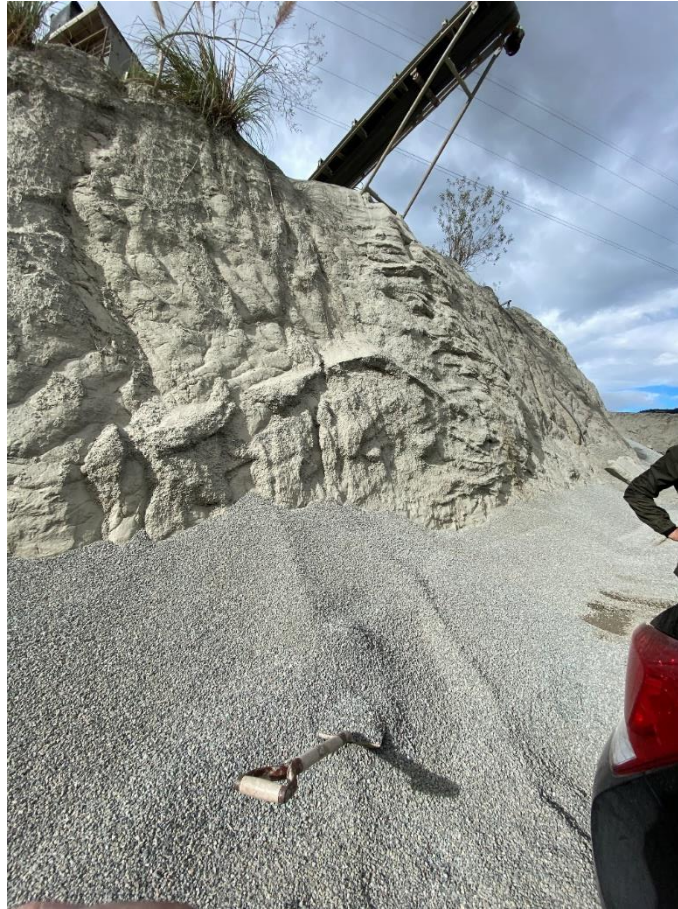
**Tabla 3.4 Tamaño de las muestras Norma INEN 695.**

Tamaño del árido A, mm.	Masa mínima de la muestra in situ B, Kg	Volumen mínimo de la muestra in situ, litros
Áridos finos		
2.36	10.0	8.0
4.75	10.0	8.0
Áridos gruesos		
9.5	10.0	8.0
12.5	15.0	12.0
19.0	25.0	20.0
25.0	50.0	40.0
37.5	75.0	60.0
50	100.0	80.0
63	125.0	100.0
75	150.0	120.0
90	175.0	140.0

En las plantas de producción se solicitaron varias muestras con el objetivo de combinarlas para obtener bases granulares, clase 1 tipo B,



**Fig. 3.8 Muestreo áridos La Virginia**



**Fig. 3.9 Muestreo áridos Marathon.**

Para evitar la confusión, se asignaron siete códigos a las muestras, cuyo detalle se puede ver en la siguiente tabla.

**Tabla 3.5 Muestras obtenidas del río Paute.**

Código muestra	Tipo trituración	Equipo triturador	Concesión minera	Tamaño nominal máximo	Origen muestra	Materia prima
M1	Secundaria	Cono	San Ignacio	3/4	Pila	Río Paute
M2	Terciaria	VSI	Marathon	3/8	Pila	Río Paute
M3	Terciaria	VSI	Marathon	3/16	Pila	Río Paute
M4	Terciaria	VSI	Marathon	3/4	Pila	Río Paute
M5	Secundaria	Cono	San Ignacio	1 1/2	Pila	Río Paute
M6	Secundaria	Cono	San Ignacio	3/16	Pila	Río Paute
M7	Secundaria	Cono	La Virginia	1 1/2	Pila	Río Paute



Las muestras de suelos se secaron a temperatura ambiente previo al tamizado para separar los granos, para conseguir la granulometría objetivo.



**Fig. 3.10 Secado de las muestras**

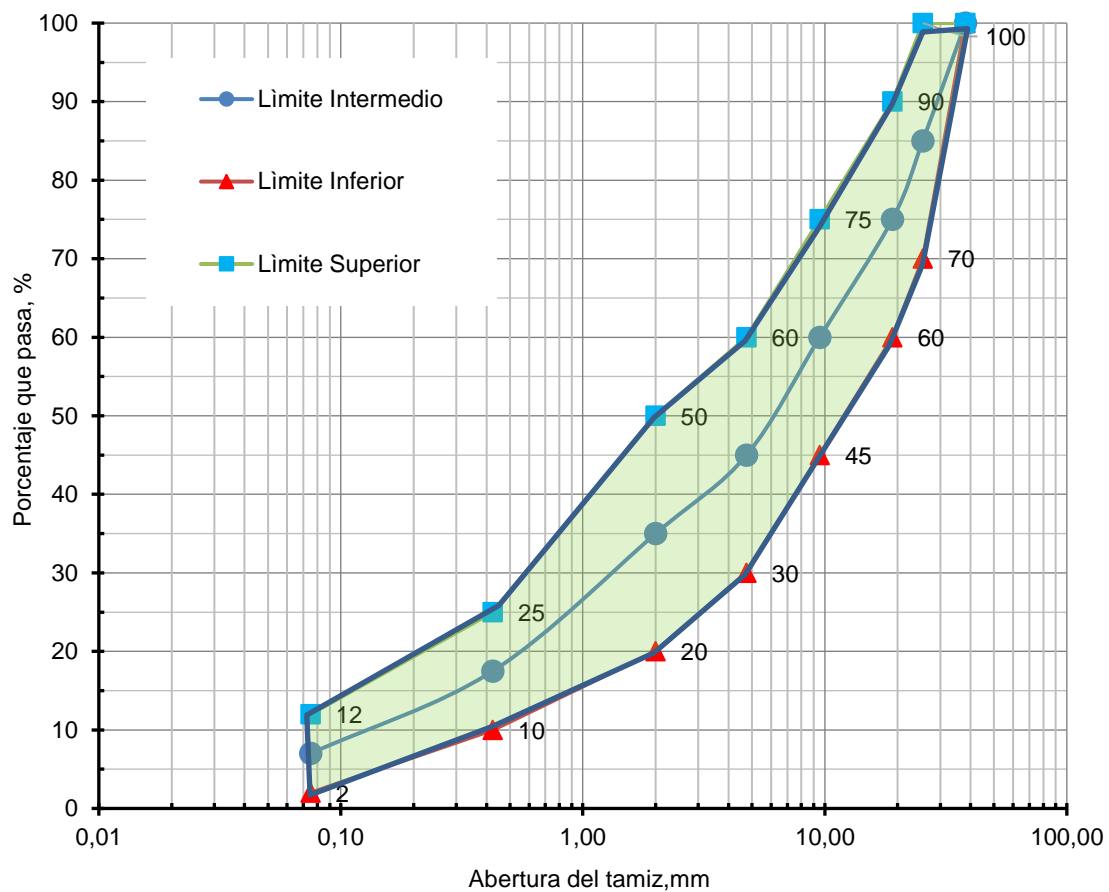
### **3.6 Granulometría objetivo**

Esta investigación trata de revelar las variaciones del CBR de los materiales granulares provenientes del río Paute, en función de la composición granulométrica, investigando el efecto de la variación granulométrica en la gravedad específica en el CBR. Para ello se realizaron mezclas de materiales en el laboratorio (Muestras: M1, M2, M3, M4, M5, M6 y M7), que representen las curvas granulométricas de los materiales de base Clase 1B (límite superior, intermedio e inferior de la faja granulométrica de la Tabla 404-1.1).

**Tabla 3.6 Granulometría Base Clase 1B para ensayos.**

Tamiz	Abertura (mm.)	Inferior	Intermedio	Superior
1½"	38.10	100.0	100.0	100.0
1"	25.40	70.0	85.0	100.0
¾"	19.00	60.0	75.0	90.0
⅜"	9.53	45.0	60.0	75.0
N°4	4.75	30.0	45.0	60.0
N°10	2.00	20.0	35.0	50.0
N°40	0.43	10.0	17.5	25.0
N°200	0.075	2.0	7.0	12.0

Fuente: (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2002, pág. 250)



**Fig. 3.11 Granulometría Clase 1, tipo B (Tabla 404-1.1)**

Con las 7 muestras conseguidas se procederá a mezclar para obtener 4 Bases Granulares, clase 1, tipo B, que se codificaron como: A, B, C y D.

La Base Granular A se caracteriza por ser una mezcla de áridos triturados con el equipo Terciario (VSI), la B es la unión de los agregados que pasaron por la trituración secundaria (Cono). La mezcla C y D se diferencian por el uso de finos provenientes del cono y VSI respectivamente que se juntan con el grano grueso de La Virginia. Se debe aclarar que la muestra obtenida de La Virginia tiene puzolana, por este motivo se descartaron todos los finos al no provenir del río Paute y se utilizó la fracción gruesa.

**Tabla 3.7 Resumen de Mezcla de Bases Granulares**

Código Mezcla	Muestra de áridos utilizados		
<b>A</b>	M4	M3	M2
<b>B</b>	M1	M6	M5
<b>C</b>	M7	M3	
<b>D</b>	M7	M6	

Finalmente, para realizar la caracterización mecánica con los ensayos ASTM D1557 y D1883, se realizó la combinación granulométrica para cada Base (A, B, C y D) para cumplir con la granulometría objetivo. Para diferenciarse se agregó un sufijo I: Límite Inferior; M; Límite Intermedio y S: Límite Superior.

**Tabla 3.8 Granulometría requerida para Bases Granulares clase 1, tipo B**

Huso Granulométrico	Combinación Granulométrica	Porcentaje en peso, que pasa a través de los tamices de malla cuadrada							
		1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No.10	No.40	No.200
Inferior	A-I								
	B-I	100	70	60	45	30	20	10	2
	C-I								
	D-I								
Intermedio	A-M								
	B-M	100	85	75	60	45	35	17.5	7
	C-M								
	D-M								
Superior	A-S								
	B-S	100	100	90	75	60	50	25	12
	C-S								
	D-S								

## 4 RESULTADOS

En este capítulo se entregan los resultados obtenidos de los ensayos explicados en las secciones anteriores, los datos conseguidos dan respuesta a los objetivos planteados en esta investigación.

## 4.1 Análisis granulométrico de las muestras, INEN 696(AASHTO T-11).

Las muestras obtenidas en las concesiones mineras: Marathon, San Ignacio y La Virginia se secaron a temperatura ambiente para el tamizaje. Los resultados obtenidos muestran que la única curva que se mantiene dentro de los límites es la muestra M7(La Virginia), los demás son finos o gruesos.

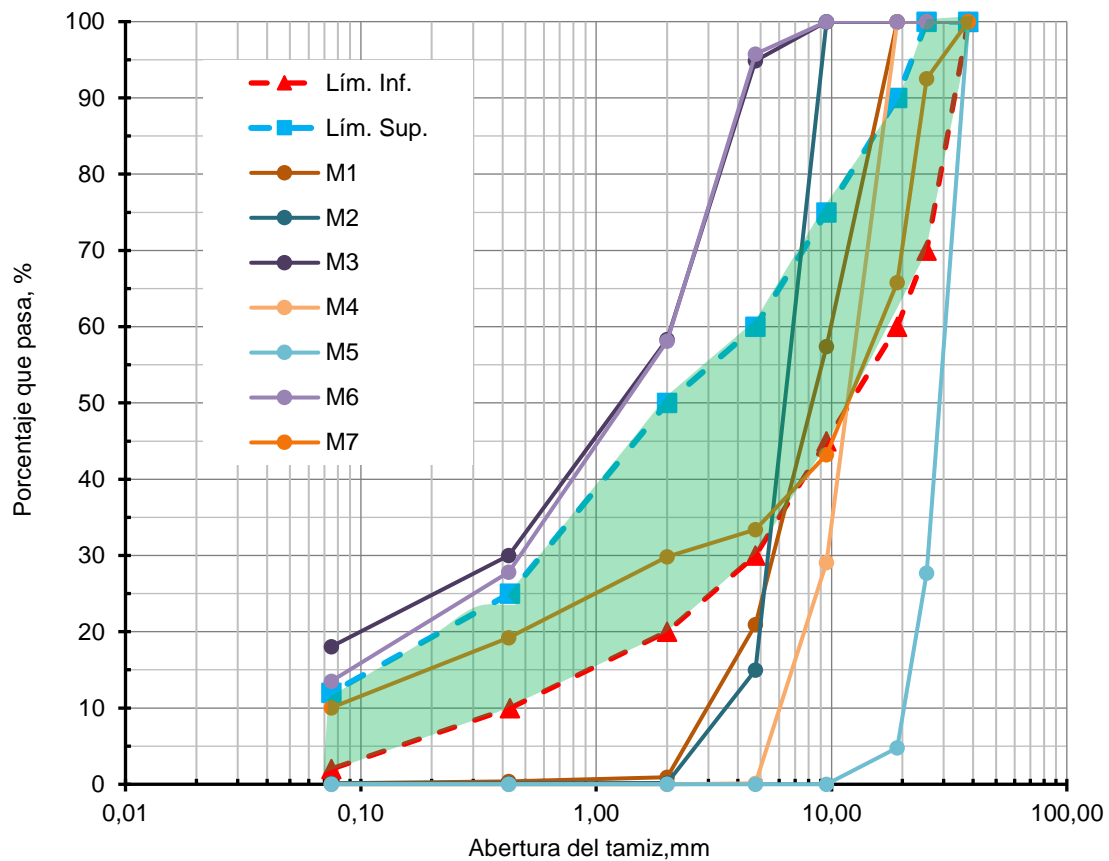


Fig. 4.1 Curvas Granulométricas de las 7 muestras.

**Tabla 4.1 Análisis Granulométrico INEN 696 (AASHTO T-11)**

Tamiz	Abertura (mm.)	% que pasa						
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
		3/4	3/8	3/16	3/4	1 1/2	3/16	1 1/2
1½"	38.10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40	100.00	100.00	100.00	100.00	27.69	100.00	92.50
¾"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	4.78	100.00	65.79
3/8"	9.53	57.39	100.00	100.00	29.06	0.00	100.00	43.22
N°4	4.75	20.95	14.96	94.86	0.13	0.00	95.75	33.40
N°10	2.00	0.91	0.19	58.34	0.00	0.00	58.11	29.82
N°40	0.43	0.38	0.14	29.99	0.00	0.00	27.82	19.22
N°200	0.075	0.13	0.14	18.05	0.00	0.00	13.53	10.04

## 4.2 Clasificación, límites de Atterberg y humedad natural.

La muestra tomada en La Virginia (M7) es la única que tiene plasticidad, esta muestra cumple con los requerimientos para bases granulares al tener el índice de plasticidad menor a 6 y el límite líquido inferior a 25. Estas muestras fueron mezcladas por lo que no se continuó el análisis de la capacidad de soporte CBR.

**Tabla 4.2 Clasificación de suelos de las muestras obtenidas en campo.**

Muestra	TMN	Wn %	LL	LP	IP	SUCS		AASHTO	
						Símbolo	Nombre	Símbolo	Nombre
M1	3/4	0.7	--	--	--	GP	Grava mal graduada con arena	A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena
M2	3/8	1.68	--	--	--	GP	Grava mal graduada con arena	A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena
M3	3/16	2.11	--	--	--	SM	Arena limosa	A-1-b	Fragmentos de roca, grava y arena
M4	3/4	1.62	--	--	--	GP	Grava mal graduada	A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena
M5	1 1/2	1.75	--	--	--	GP	Grava mal graduada	A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena
M6	3/16	3.64	--	--	--	SM	Arena limosa	A-1-b	Fragmentos de roca, grava y arena
M7	1 1/2	1.29	22.33	19.17	3.16	GP-GM	Grava mal graduada con limo con arena	A-1-a	Fragmentos de roca, grava y arena





**Fig. 4.2 Recipientes utilizados para determinar la Humedad.**

### 4.3 Densidad Seca Máxima y Humedad Optima

Luego de aplicar la norma ASTM D1557, se obtuvieron los siguientes resultados para las 4 bases mezcladas en laboratorio, cada una con tres curvas granulométricas (Inferior, Intermedia y Superior).

**Tabla 4.3 Densidad Seca Máxima y Humedad Optima para Bases Granulares.**

Combinación Granulométrica	Densidad Seca Máxima, Kg/m <sup>3</sup>	Humedad Optima, %
A-I	2,200	6.00
B-I	2,130	6.90
C-I	2,190	6.20
D-I	2,185	6.40
A-M	2,190	7.00
B-M	2,185	7.00
C-M	2,187	6.40
D-M	2,150	6.60
A-S	2,160	7.20
B-S	2,160	7.30
C-S	2,150	6.80
D-S	2,140	7.00



**Fig. 4.3 Pesaje: Molde Proctor + Muestra, curva B-M.**

#### **4.3.1 Relación de carga de California (CBR) de bases granulares.**

En la compactación de bases granulares, la normativa ecuatoriana (MOP 2002) establece que: La densidad mínima de la capa de base no será menor que el cien por ciento (100%) de la densidad máxima conseguida por el investigador y/o controlador, mediante los ensayos estandarizados AASHTO T-180. Por este motivo en aplicación del ensayo estándar ASTM D1883 para obtener el valor del CBR al 100 % de compactación (densidad) y a la humedad óptima, se compacta una muestra utilizando el procedimiento de compactación especificado ASTM D1557 que tenga el porcentaje de humedad óptima ( $\pm 0.5\%$ ), determinado de acuerdo con la norma ASTM D2216.

**Tabla 4.4 Valor de Soporte de California CBR para Base Granulares.**

Combinación Granulométrica	N. Golpes	D. Seca Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)	D. Seca Máx. Kg/m <sup>3</sup>	CBR %
A-I	56	2296	1126	2199	112.6%	146.6%	2,200	104.4%
	56	2240	1020	1947	102.0%	129.8%		
	56	2211	986	1928	98.6%	128.5%		
A-M	56	2210	1141	2274	114.1%	151.6%	2,190	97.8%
	56	2213	958	2517	95.8%	167.8%		
	56	2171	835	2376	83.5%	158.4%		
A-S	56	2272	1013	1771	101.3%	118.1%	2,160	93.7%
	56	2176	992	1944	99.2%	129.6%		
	56	2196	806	1722	80.6%	114.8%		
B-I	56	2202	868	2126	86.8%	141.7%	2,130	98.7%
	56	2252	1074	2332	107.4%	155.5%		
	56	2185	1020	2227	102.0%	148.4%		
B-M	56	2173	1141	2274	114.1%	151.6%	2,185	97.8%
	56	2211	958	2517	95.8%	167.8%		
	56	2218	835	2376	83.5%	158.4%		
B-S	56	2199	1081	2177	108.1%	145.1%	2,160	61.2%
	56	2174	566	2116	56.6%	141.1%		
	56	2252	189	705	18.9%	47.0%		
C-I	56	2208	849	1642	84.9%	109.5%	2,190	90.7%
	56	2214	948	1890	94.8%	126.0%		
	56	2272	923	2119	92.3%	141.3%		
C-M	56	2205	842	1929	84.2%	128.6%	2,187	99.9%
	56	2190	1010	2315	101.0%	154.3%		
	56	2195	1145	2623	114.5%	174.9%		
C-S	56	2181	915	2388	91.5%	159.2%	2,150	79.3%
	56	2155	832	2172	83.2%	144.8%		
	56	2162	632	1657	63.2%	110.5%		
D-I	56	2198	987	1989	98.7%	132.6%	2,185	91.9%
	56	2230	1083	2391	108.3%	159.4%		
	56	2203	687	1128	68.7%	75.2%		
D-M	56	2119	933	2151	93.3%	143.4%	2,150	80.9%
	56	2189	435	1454	43.5%	96.9%		
	56	2288	1058	2474	105.8%	164.9%		
D-S	56	2195	491	1902	49.1%	126.8%	2,140	80.7%
	56	2209	831	2679	83.1%	178.6%		
	56	2210	1101	2427	110.1%	161.8%		



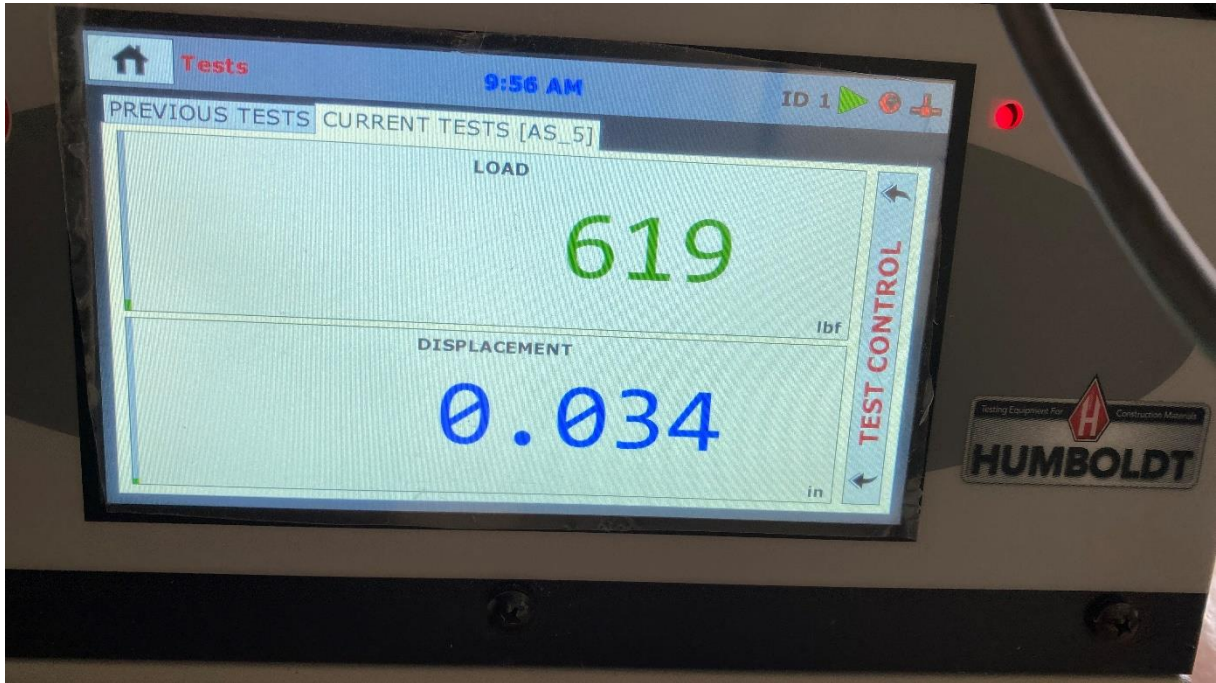


Fig. 4.4 Registro de Datos de Carga y Deformación.

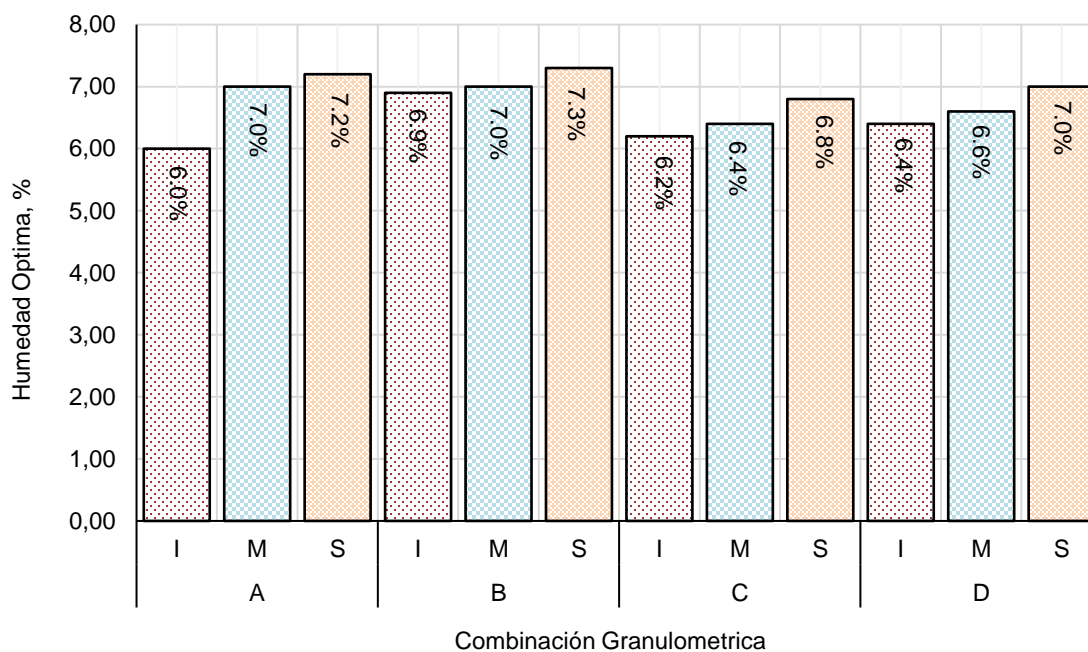


Fig. 4.5 Ensayo CBR. Celda de Carga y Deformímetro.

## 5 ANÁLISIS DE LA DEPENDENCIA DE LA RESISTENCIA A CBR DE LOS MATERIALES GRANULARES PARA BASES DE PAVIMENTOS DE LAS CANTERAS DEL RÍO PAUTE

### 5.1 La Humedad Óptima

En la figura 5.1 se puede observar la variación de la humedad de acuerdo con la granulometría que tiene la muestra de base granular, clase 1, tipo B. Cuando la curva granulométrica se ubica en el límite inferior la humedad requerida para obtener la densidad máxima es menor que cuando se sitúa en la parte superior o tiene una granulometría más fina. La humedad varía desde 6% hasta el 7.3%.



**Fig. 5.1 Humedad Óptima de las Bases Granulares**

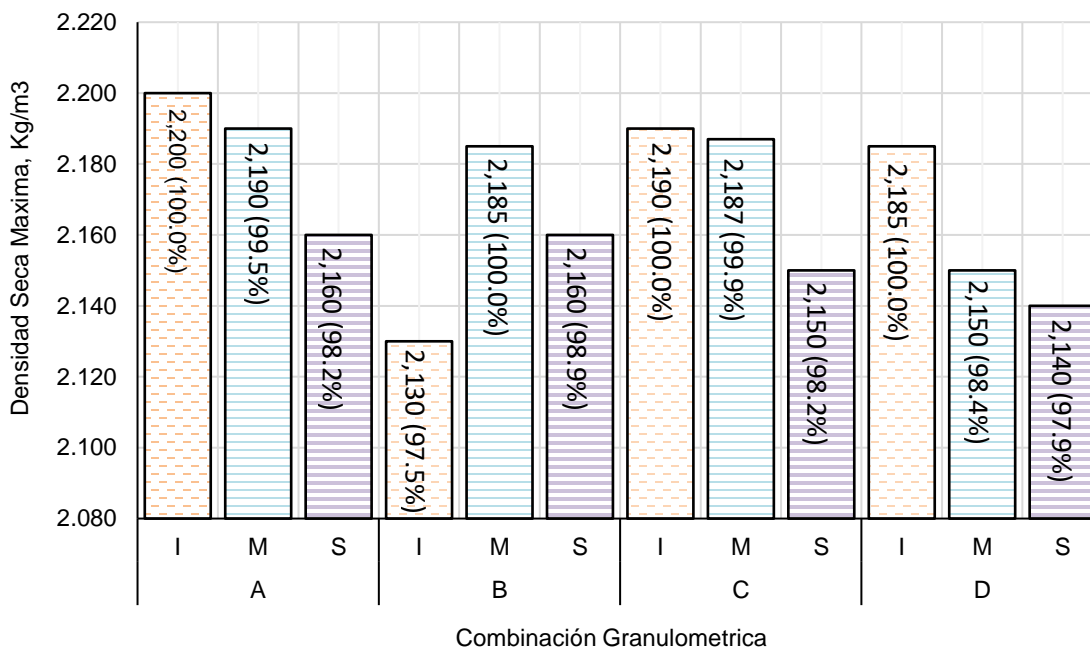
Fuente: Elaboración Propia

### 5.2 Densidad Máxima

Los valores obtenidos en aplicación del método ASTM D1557, se puede ver que para la mayoría de las muestras en los valores granulométricos inferiores se obtiene se tiene valores máximos de densidad, sin embargo, en el espécimen B se obtiene el valor máximo



en la granulometría intermedia, se debe recordar que en la mezcla B se utilizaron materiales obtenidos de la trituración secundaria que se ha visto en el campo que presentan partículas alargadas y aplanadas. Otro factor para destacar es que los valores en las curvas intermedias se mantienen similares. Finalmente, si se comparan para cada muestra independiente de la granulometría los resultados varían máximo en 2.5% del valor obtenido.



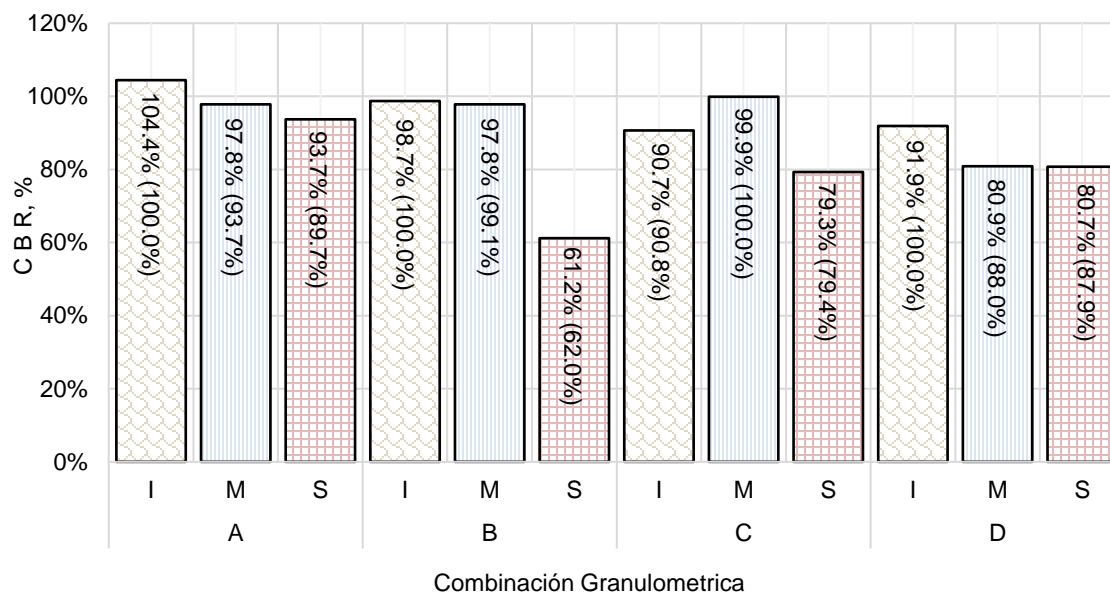
**Fig. 5.2 Densidad Máximas para Bases Granulares.**

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3 Coeficiente de soporte de California CBR

En aplicación de la norma ASTM D1883 para la obtención de lo valor del CBR, se realizaron especímenes con el 100% de la densidad máxima con el contenido de humedad del  $\pm 0.5\%$ . Los resultados que se obtienen primeramente todos los valores obtenidos cumplen con el 80% para base granulares en los límites intermedio e inferior, sin embargo, para la curva superior existen dos registros superiores que no cumplen con el valor mínimo del 80%.

Toda los valores inferiores fueron obtenidos en la curva granulométrica superior.



Fuente: Elaboración Propia

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones luego del análisis realizado a los resultados de la humedad óptima, densidad máxima y CBR.

### 6.1 Conclusiones

Se ha recopilado información sobre los requerimientos que deben cumplir las bases granulares, para esta investigación se centró en conocer a profundidad las bases granulares, clase 1, tipo B.

Las bases granulares que se obtienen de la trituración de los agregados pétreos provenientes del río Paute cumplen los requisitos de: Valor del ensayo INEN 860 sobre la

degradación del árido grueso (Ensayo (AASHTO T-96) de granos menores a 37.5mm y mayores a 19 mm, mediante el uso de la máquina de los ángeles (Ver tabla 1.2). La solidez de los agregados comprobada mediante el sulfato de sodio cumple para la mina la Virginia y el río Paute (Ver tabla 1.2). El límite líquido y el índice de plasticidad son indeterminados para las bases que se obtienen de la trituración de los cantos rodados del río Paute. En el ensayo CBR, el requerimiento mínimo es el 80%, este requisito es satisfecho para las curvas granulométricas inferior e intermedia, para el caso del límite superior el valor promedio de las cuatro bases que se ha probado no cumple.

La humedad óptima para obtener la densidad máxima de las bases se incrementa con el contenido de finos, las bases en el límite inferior tienen una composición de 30% de áridos finos, en el intermedio 45% y en el superior 60%. Siendo los materiales finos: los agregados que pasan el tamiz No. 4. Este evento se explicaría por que al incrementarse la cantidad de material fino se incrementa la superficie específica y por lo tanto se requiere más agua para lubricar las partículas y facilitar su acomodo.

Los valores promedio de las densidades máximas para las 4 bases nos indican que el mayor valor se obtiene la curva intermedia, sin embargo, el valor de la curva inferior no es muy distante, así como la superior con una disminución del 1.2%. Con este último dato se puede decir que el valor de la densidad máxima con la que se calibran los densímetros nucleares para la prueba ASTM D6938 se mantiene para las variaciones de la granulometría. Afirmación que sirve únicamente para las bases granulares Clase 1B que fueron probadas en esta investigación.

## **6.2 Recomendaciones**

Durante la elaboración de las combinaciones granulométricas (Cumplimiento de la granulometría objetivo), se observó que los tamaños retenidos en el tamiz No. 10 y 40 se almacenaban porque estaban en exceso, en efecto revisando la granulometría (tabla 4.1) las muestras M3 y M6 se puede ver que retienen más del 65% del material en los tamices indicados. En la fase de producción de la base granular se tendrá una gran presencia de estos áridos que llevarán a tener una granulometría discontinua. Se sugiere revisar el tamaño de las mallas de la zaranda para obtener material más fino que es el de difícil consecución.

La relación de Fuller- Thompson (F&T) es el resultado de estudios en esta área, revelando el efecto de la gradación sobre la gravedad específica. La ecuación de F&T proporciona la distribución del tamaño de partícula entre los tamaños de tamiz más pequeños y grandes para que todos los poros en los agregados se llenen mediante una distribución de gradación adecuada. Esto dará como resultado una porosidad mínima (Mohsen Aboutalebi Esfahani, 2018).

$$P = \left(\frac{d}{D}\right)^n \text{ Ecuación 1}$$

P = Porcentaje de agregado que pasa a través de cualquier tamaño de tamiz d

n = para densidad máxima de partículas n = 0,5 según Fuller-Thompson

d = tamaño del tamiz

D= tamaño máximo del agregado

Para completar esta investigación se puede utilizar la ecuación 1, para tener una cuarta curva que nos permita conocer el comportamiento con la variación granulométrica.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2022). *GEOPORTAL DE CATASTRO MINERO*. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/geoportales/>: <https://gis-sigde.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8b53f9388c034b5e8e3147f03583d7ec>

ASTM D1557. (2002). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)). *ASTM INTERNATIONAL*, 10. Obtenido de [www.astm.org](http://www.astm.org)

ASTM D1883. (1999). Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory - Compacted Soils. *ASTM INTERNATIONAL*, 8. Obtenido de [www.astm.org](http://www.astm.org)

INEN. (2011). ÁRIDOS, ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO. *INEN 696*, 12.

Instituto Geográfico Militar. (1974). *Mapa Geológico del Ecuador - hoja 73 Azogues*. Quito: IGM.

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito: MOP.

Mohsen Aboutalebi Esfahani, A. G. (2018). EFFECTS OF AGGREGATE GRADATION ON RESILIENT MODULUS AND CBR IN UNBOUND GRANULAR MATERIALS. *International Journal of Transportation Engineering*, 381.

Nicholas J. Garber, L. A. (2007). *Ingeniería de tránsito y carreteras*. Virginia: CENGAGE Learning.

PROYECTO PRECUPA. (1998). *Prevención de Desastres naturales Cuenca del Río Paute*. Cuenca.

Quintana, H. A. (2015). *Pavimentos : materiales, construcción y diseño*. Bogotá: Ecoe Ediciones Ltda.





## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



### DETERMINACION DEL DESGASTE A LOS SULFATOS NORMA INEN 863

MATERIAL: MINA RIO PAUTE (SECTOR UZHUPUD)

FECHA :

14-feb-14

FRACCION	ANTES DEL ENSAYO			DESPUES DEL ENSAYO		PERDIDAS	
	P. RETENIDO	NUMERO DE PARTICULAS	GRADACION ORIGINAL %	P. RETENIDO DESPUES	NUMERO DE PARTICULAS	PERDIDA TOTAL	PERDIDA CORREGIDA
3/4"	3/8"	1,005.00	75.50%	955.84		4.89%	3.76%
3/8"	#4	303.00	22.70%	277.07		8.56%	1.98%
TOTAL		1,308.00	98.20%	1232.91			5.74%

TIPO DE SOLUCION : SULFATO DE SODIO  
 DENSIDAD PROMEDIO : 1.178 gr/cm3  
 NUMERO DE CICLOS : 5

OBSERVACION: FISURADAS 3.0 PARTICULAS  
 DESINTEGRADAS 3.0 PARTICULAS  
 PARTIDAS 3.0 PARTICULAS

  
 Ing. Xavier Tepán  
 ING CIV. ASFALTAR EP

## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



### DETERMINACION DEL DESGASTE A LOS SULFATOS NORMA INEN 863

MATERIAL: MINA RIO PAUTE (SECTOR UZHUPUD)

FECHA:

14-feb-14

FRACCION	ANTES DEL ENSAYO			DESPUES DEL ENSAYO		PERDIDAS	
	P. RETENIDO	NUMERO DE PARTICULAS	GRADACION ORIGINAL %	P. RETENIDO DESPUES	NUMERO DE PARTICULAS	PERDIDA TOTAL	PERDIDA CORREGIDA
1 1/2" 3/4"	1,518.00		55.00%	1409.04		7.18%	4.81%
3/4" 1/2"	877.00		15.00%	819.03		8.56%	1.56%
1/2" 3/8"	302.00		12.10%	268.83		10.98%	1.62%
TOTAL	2,497.00		82.10%	2296.90			7.99%

TIPO DE SOLUCION : SULFATO DE SODIO  
 DENSIDAD PROMEDIO : 1,178 gr/cm3  
 NUMERO DE CICLOS : 5

OBSERVACION: FISURADAS 3.0 PARTICULAS  
 DESINTEGRADAS 3.0 PARTICULAS  
 PARTIDAS 4.0 PARTICULAS



Ing. Xavier Tepán  
 ING CIV. ASFALTAR EP

**DETERMINACION DEL DESGASTE A LOS SULFATOS**

NORMA INEN 863

MATERIAL: MINA LA VIRGINIA (EXPLORACION)

FECHA :

9-abr-14

FRACCION	ANTES DEL ENSAYO			DESPUES DEL ENSAYO		PERDIDAS	
	P. RETENIDO	NUMERO DE PARTICULAS	GRADACION ORIGINAL %	P. RETENIDO DESPUES	NUMERO DE PARTICULAS	PERDIDA TOTAL	PERDIDA CORREGIDA
1 1/2" 3/4"	1,678.00		46.80%	1503.64		10.39%	6.24%
3/4" 1/2"	783.00		17.63%	720.35		8.00%	1.81%
1/2" 3/8"	415.00		13.56%	363.87		12.32%	2.14%
<b>TOTAL</b>	<b>2,876.00</b>		<b>77.99%</b>	<b>2587.86</b>			<b>10.19%</b>

TIPO DE SOLUCION : SULFATO DE SODIO  
 DENSIDAD PROMEDIO : 1.378 gr/cm<sup>3</sup>  
 NUMERO DE CICLOS : 5

OBSERVACION: FISURADAS 2.0 PARTICULAS  
 DESINTEGRADAS 4.0 PARTICULAS  
 PARTIDAS 3.0 PARTICULAS



Ing. Xavier Tepán  
 ING CIV. ASFALTAR EP

## LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



### ENSAYO DE DESGASTE MECANICO DE LOS AGREGADOS MAQUINA DE LOS ANGELES

MATERIAL: MINA RIO PAUTE (SECTOR UZHUPUD)

FECHA : 14-feb-14

NUMERO DE ESFERAS=12 TIPO A

	ENSAYO		
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5,000	GR.
B	PESO DEL MATERIAL DESPUES DEL ENSAYO	3,555	GR.
C=A-B	PESO DEL MATERIAL PERDIDO EN EL ENSAYO	1,445	GR.
D=100*C/A	% DE DESGASTE	28.90	

Ing. Xavier Tepán  
ING CIV. ASFALTAR EP





ENSAYO DE DESGASTE MECANICO DE LOS AGREGADOS  
MAQUINA DE LOS ANGELES

MATERIAL: MINA LA VIRGINIA (EXPLORACION)

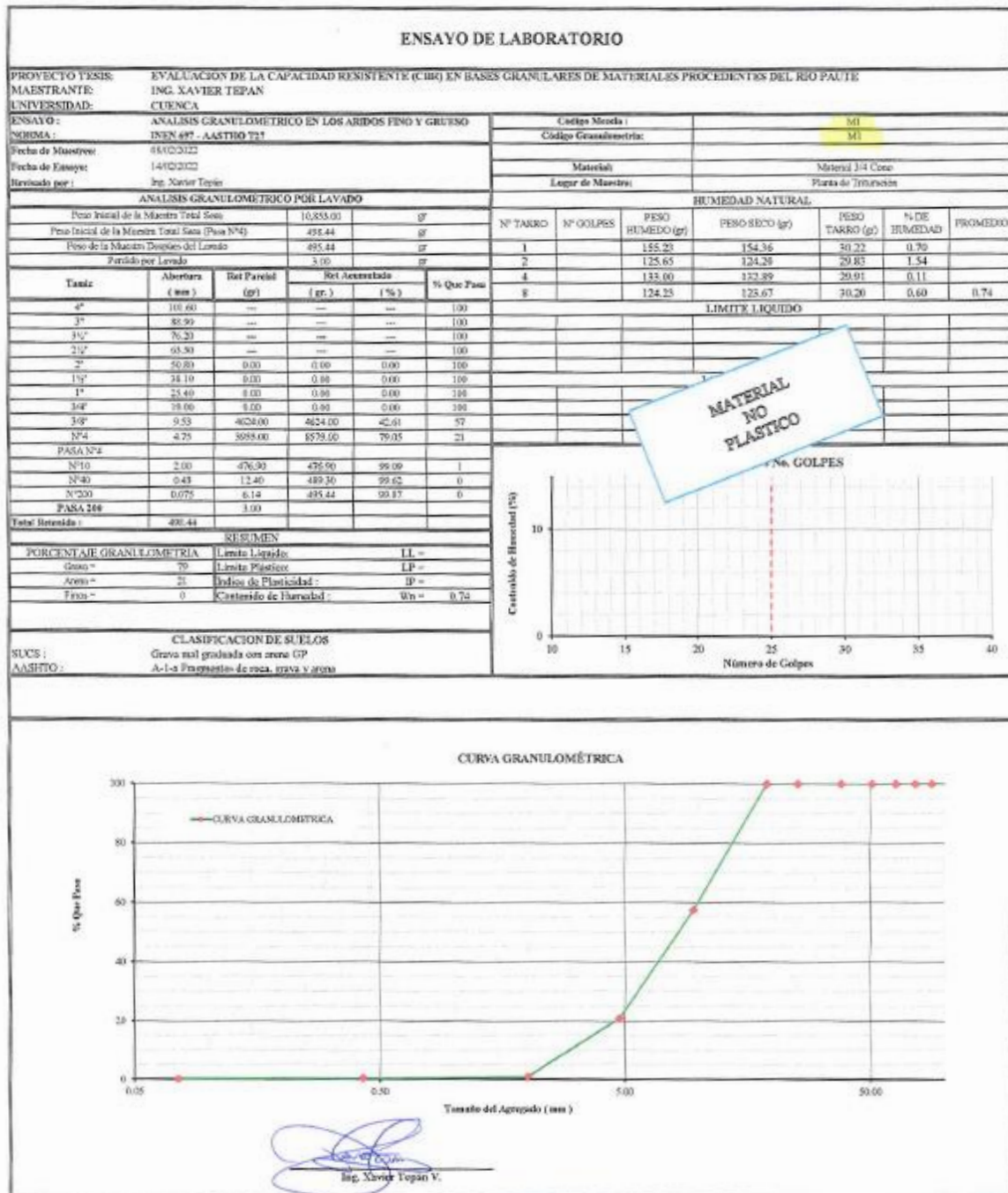
FECHA : 9-abr-14

NUMERO DE ESFERAS=12 TIPO A

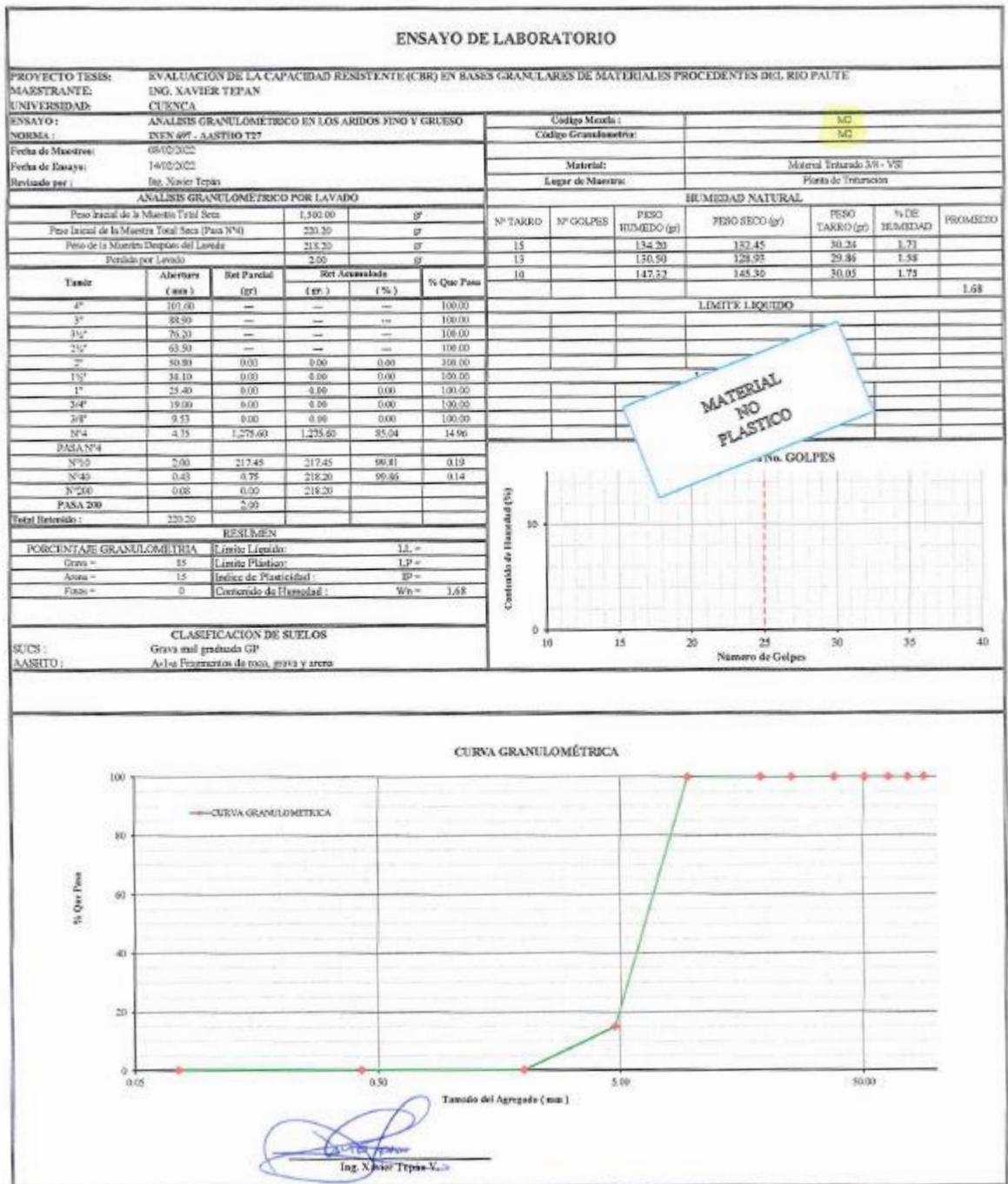
ENSAYO			
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5,000	GR.
B	PESO DEL MATERIAL DESPUES DEL ENSAYO	3,850	GR.
C=A-B	PESO DEL MATERIAL PERDIDO EN EL ENSAYO	1,150	GR.
D=100*C/A	% DE DESGASTE	23.00	

Ing. Xavier Tepán  
ING CIV. ASFALTAR EP

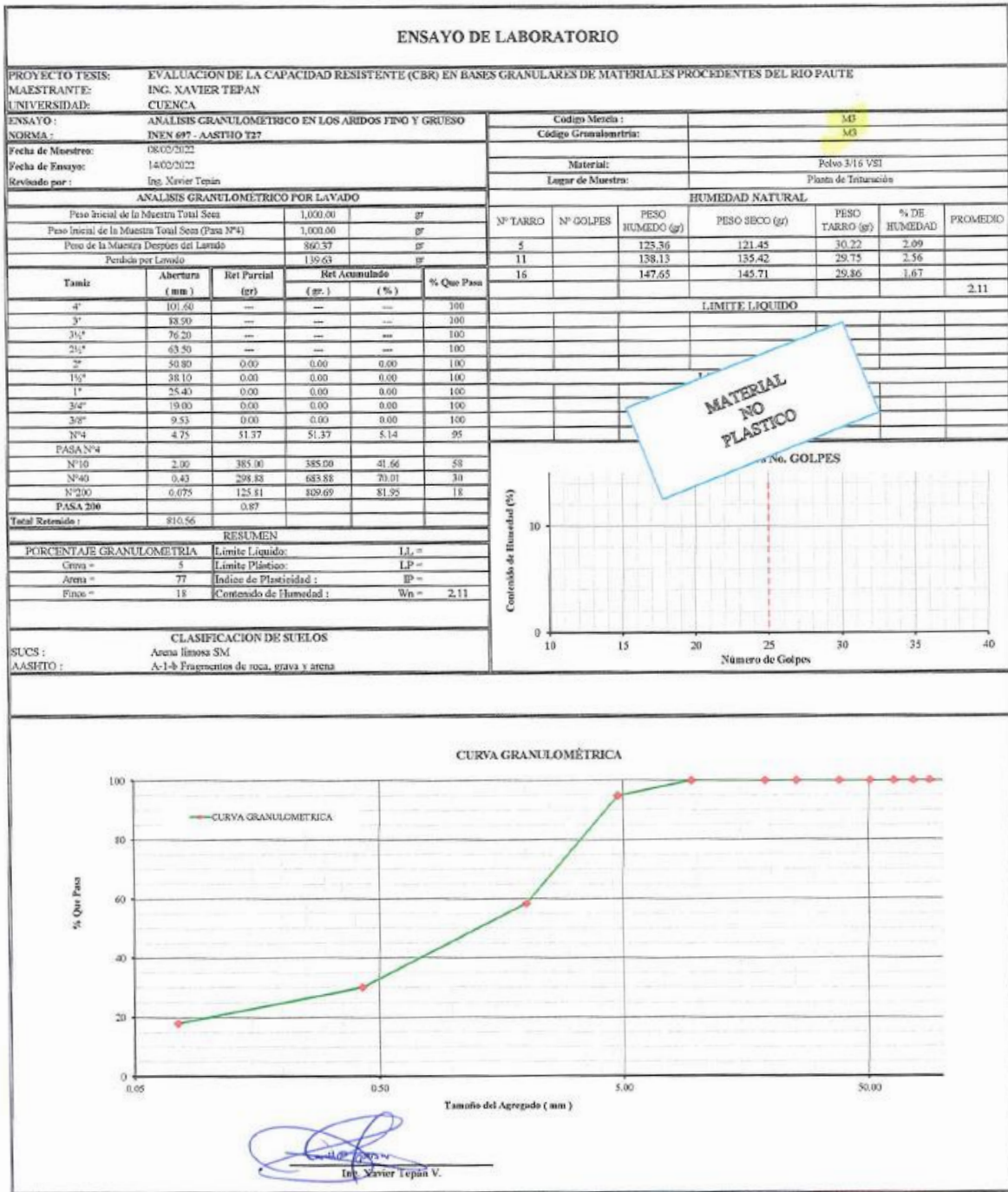
## 8.2 Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M1.



## 8.3 Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M2.

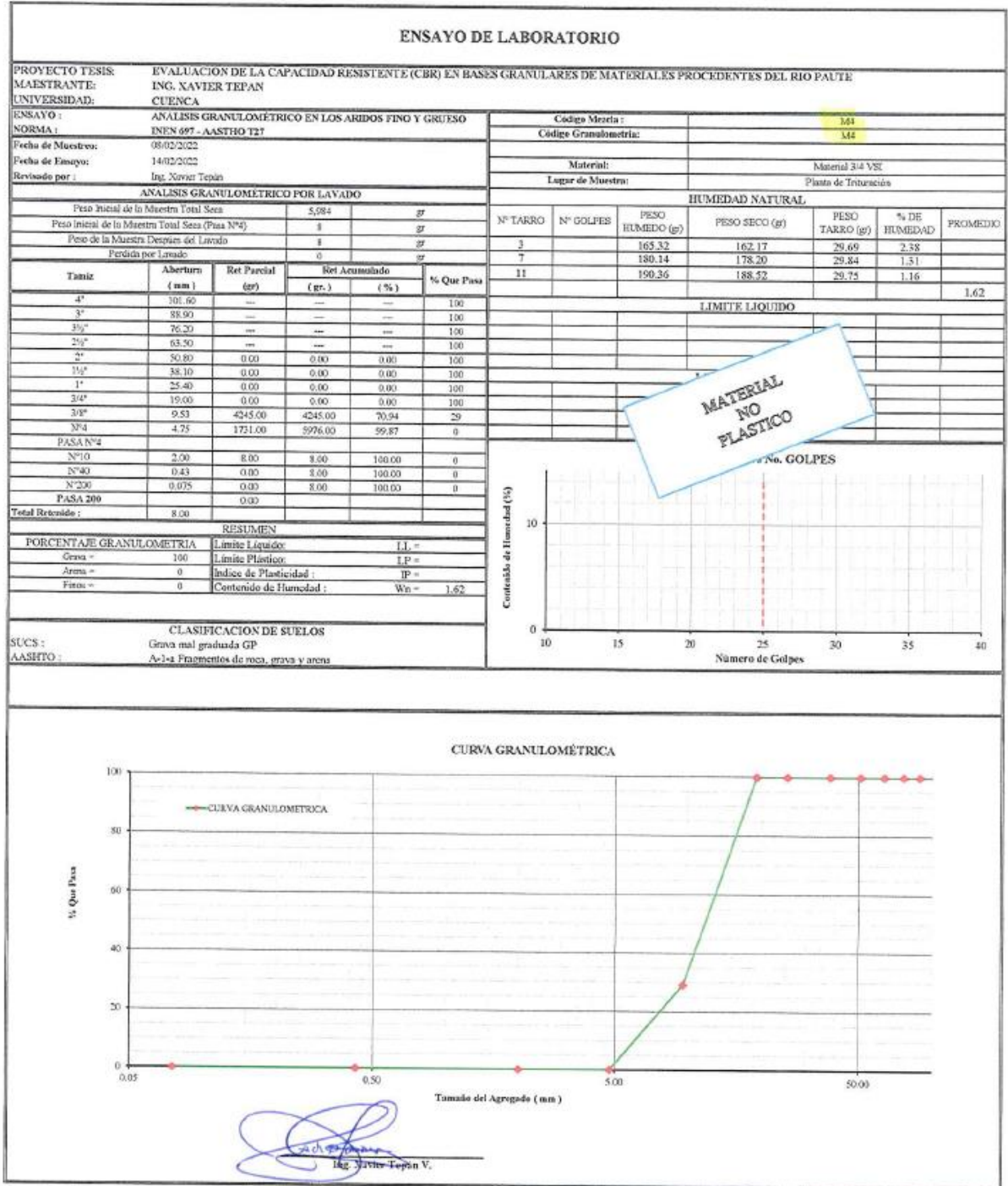


## 8.4 Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M3.



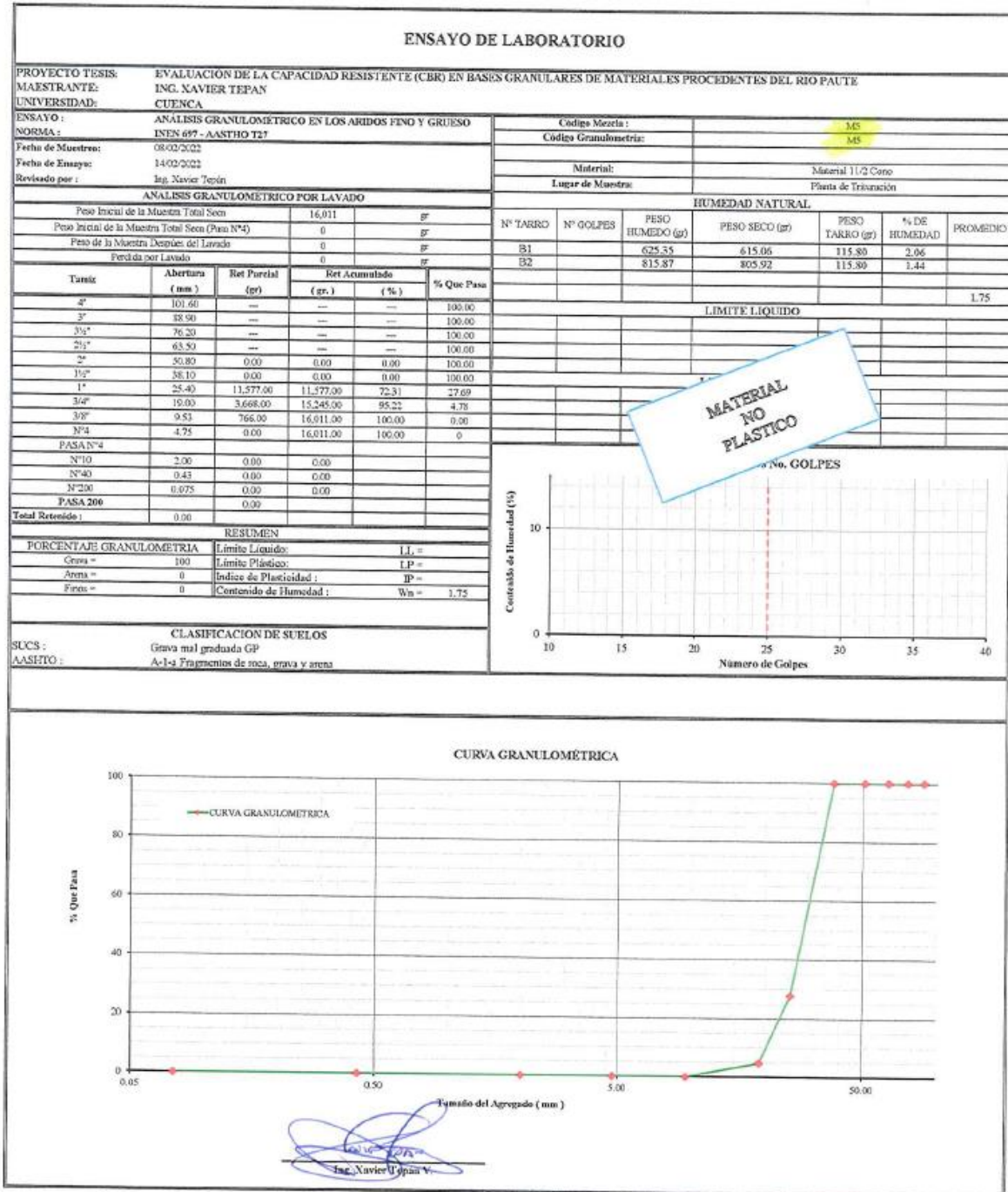


## 8.5 Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M4.





## 8.6 Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M5.



## 8.7 Resultados de laboratorio muestra rio Paute – M6.

ENSAYO DE LABORATORIO											
PROYECTO TESIS:		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE									
MAESTRANTE:		ING. XAVIER TEPAN									
UNIVERSIDAD:		CUENCA									
ENSAYO:		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ARIDOS FINO Y GRUESO			Código Muestra:		M6				
NORMA:		INEN 697 - AASHTO T27			Código Granulometría:		M6				
Fecha de Muestras:		08/02/2022			Material:		Material 3/16 Cono				
Fecha de Ensayo:		14/02/2022			Lugar de Muestra:		Planta de Trituración				
Revisado por:		Ing. Xavier Tepán									
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO					HUMEDAD NATURAL						
Peso Inicial de la Muestra Total Seca		1,182.97		Nº TARRO		15		PESO HUMEDO (gr)		186.38	
Peso Inicial de la Muestra Total Seca (Pesa Nº4)		1,132.72		Nº GOLPES		21		PESO SECO (gr)		180.20	
Peso de la Muestra Después del Lavado		977.17		PESO HUMEDO (gr)		120.36		PESO SECO (gr)		29.86	
Pérdida por Lavado		156		PESO HUMEDO (gr)		117.60		PESO SECO (gr)		30.22	
				PROMEDIO						3.64	
Tamaño	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr.) (%)		% Que Pasa						
4"	101.60	---	---	---	100						
3"	88.90	---	---	---	100						
2 1/2"	76.20	---	---	---	100						
2"	63.50	---	---	---	100						
1 1/2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100						
1"	38.10	0.00	0.00	0.00	100						
3/4"	25.40	0.00	0.00	0.00	100						
3/8"	19.00	0.00	0.00	0.00	100						
3/16"	9.53	0.00	0.00	0.00	100						
Nº4	4.75	50.25	50.25	4.25	96						
PASA Nº4											
Nº10	2.00	445.31	445.31	41.89	98						
Nº40	0.43	358.35	403.66	72.18	28						
Nº200	0.075	169.00	872.66	86.47	14						
PASA 200		4.51									
Total Retenido:		977.17									
RESUMEN											
PORCENTAJE GRANULOMETRÍA					Límite Líquido: L.L. =						
Grava = 4					Límite Plástico: L.P. =						
Arena = 82					Índice de Plasticidad: I.P. =						
Finos = 14					Contenido de Humedad: Wn = 3.64						
CLASIFICACION DE SUELOS											
SUCS: Arena limosa SM											
AASHTO: A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena											

MATERIAL NO PLASTICO

Contenido de Humedad (%)

Número de Golpes

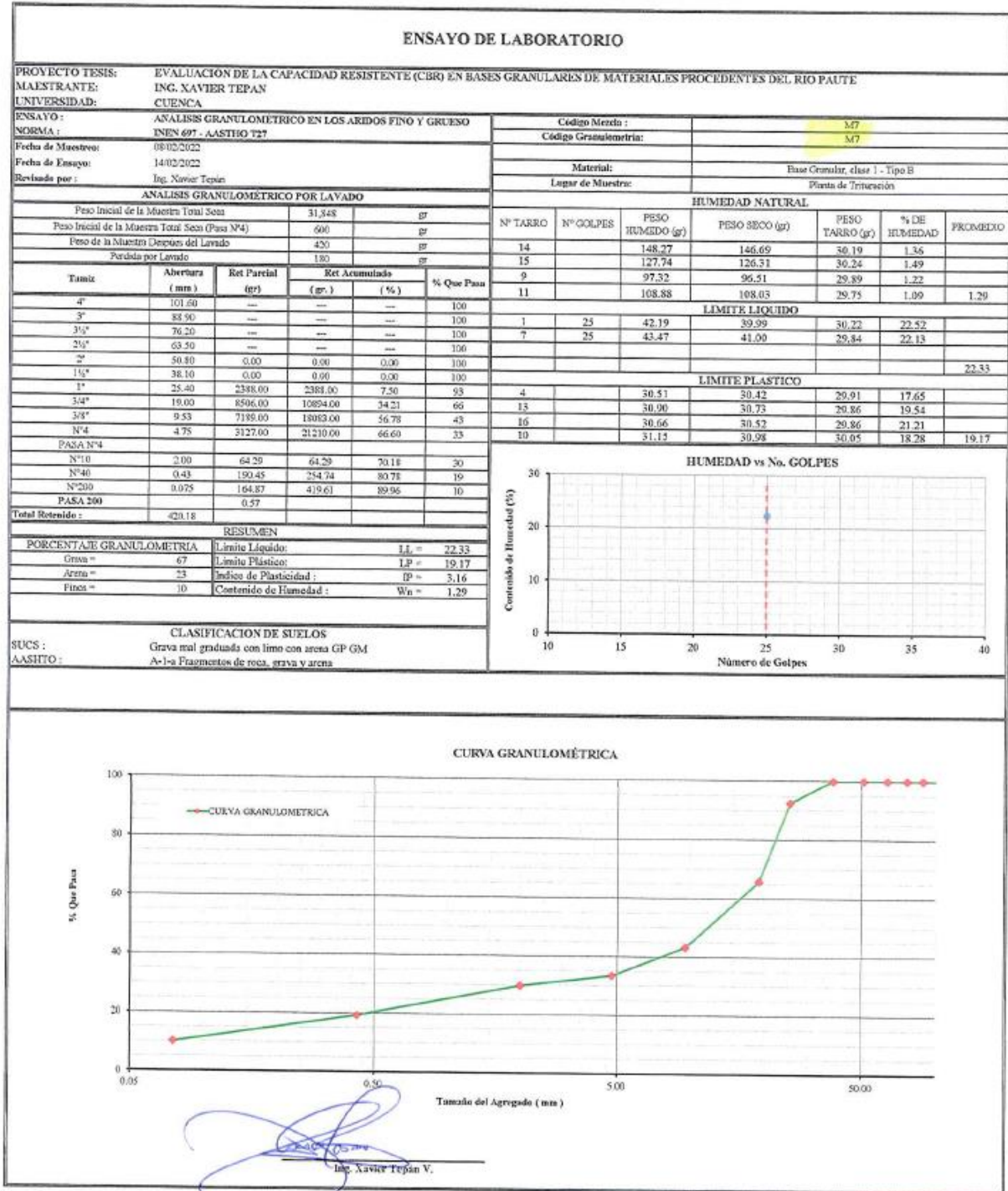
CURVA GRANULOMÉTRICA

% Que Pasa

Tamaño del Agregado (mm)

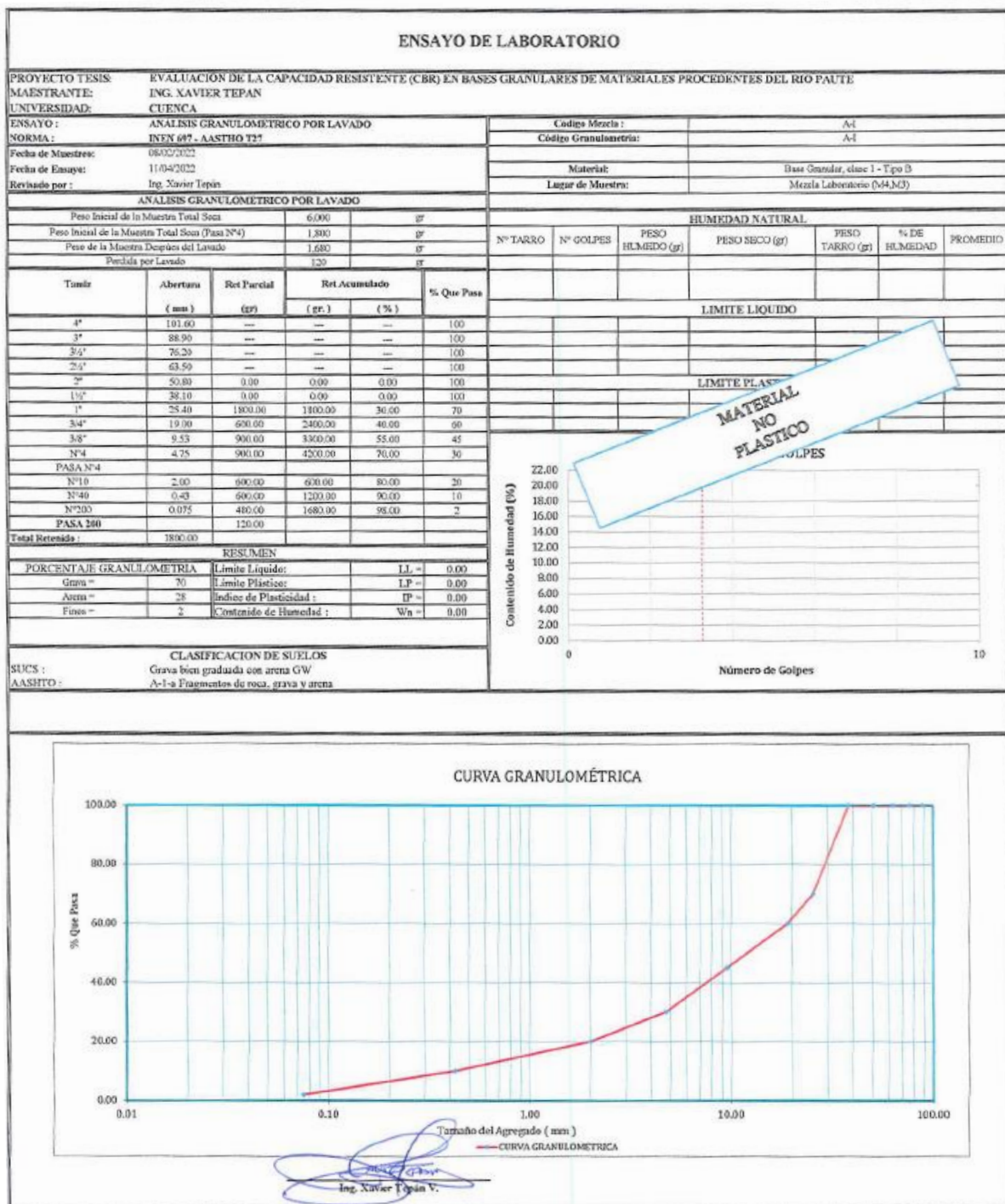
Ing. Xavier Tepán V.

## 8.8 Resultados de laboratorio muestra La Virginia – M7.





## 8.9 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica A-I.



## ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO TESIS: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CURB) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RÍO FAULTE.

MAESTRANTE: ING. XAVIER TEPÁN

UNIVERSIDAD: UCUENCA

ENSAYO: PROCTOR MODIFICADO

SERIE: ASIM 11555

Fecha de Muestreo: 08/02/2022

Fecha de Ensayo: 11/04/2022

Realizado por: Ing. Xavier Tepán

Código Muestra: A-1

Código Granulométrico: A-1

Materia: Base Granular, clase I - Tipo B

Lugar de Muestra: Muestra Laboratorio (M4,M)

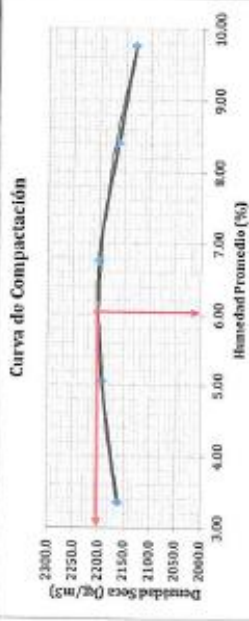
METODO =	C	MOLDE # E	5-488	Peso =	5.488	Kg
PROCTOR =	MODIFICADO	# Capas / Molde =	5	Volumen =	0.002	m <sup>3</sup>
		# Golpes / Capa =	56	Diámetro =	6.023	pulg.

### DENSIDAD DE LABORATORIO

Molde #	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	200.00	300.00	400.00	500	600
Peso seco base + Molde (Kg)	10.253	10.403	10.498	10.489	10.475
Densidad Humeda (Kg/m <sup>3</sup> )	2,294.50	2,304.63	2,319.18	2,314.96	2,318.79
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2,161.83	2,193.84	2,200.64	2,163.25	2,130.66

### FORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA


Molde #	1	2	3	4	5
Peso humedo + tara (gr)	129.42	112.74	121.01	111.63	85.89
Peso seco + tara (gr)	128.33	109.96	118.46	81.79	63.76
% de Humedad	3.20	1.90	5.10	5.00	6.80
% Promedio Humedad	3.35	5.05	6.75	8.40	9.75



Hum. Máxima = 2.200 Kg/m<sup>3</sup>  
Hum. Óptima = 6.80 %

*[Firma]*  
Ing. Xavier Tepán V.



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. REGISTRO				
PROYECTO TESIS:		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
MAESTRANTE:		ING. XAVIER TEPAN						
UNIVERSIDAD:		CUENCA						
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
NORMA:		ASTM D-1883		Código Mezcla:	A-1			
Fecha de Muestreo:		08/02/2022		Código Granulometría:	A-1			
Fecha de Ensayo:		11/04/2022		Material:	Base Granular, clase 1 - Tipo B			
Revisado por:		Ing. Xavier Tepán		Lugar de Muestra:	Mezcla Laboratorio (M4,M3)			
Datos Molde								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.		Numero de capas = 5				
Dímetro =	Molde N°	CN	Molde N°	CE	Molde N°			
Altura =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m			
Volumen =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m			
	0.002134 m³		0.002134 m³		0.002134 m³			
Molde	N°	CN	CE	C3				
Golpes	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.928		10.954	12.420			
Peso de molde	Kg	7.768		5.918	7.425			
Peso suelo húmedo	Kg	5.160		5.036	4.997			
Peso suelo seco	Kg	4.899		4.780	4.719			
Densidad húmeda	Kg/m³	2.418.000		2.360.000	2.341.000			
Densidad Seca	Kg/m³	2.296.000		2.240.000	2.211.000			
HUMEDAD	Tarro N°	6	3	5	4	5	14	
	Peso húmedo + recipiente	gr	218.00	221.64	178.54	198.32	135.49	154.91
	Peso seco + recipiente	gr	208.30	212.15	170.79	190.01	129.62	147.97
	Peso de agua	gr	9.70	9.49	7.75	8.31	5.87	6.94
	Peso de recipiente	gr	30.07	29.69	30.22	29.91	30.22	30.19
	Peso seco	gr	178.23	182.46	140.57	160.10	99.40	117.78
	Contenido de agua	%	5.44	5.20	5.51	5.19	5.91	5.89
	Promedio	%	5.32		5.35	5.90		
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)								
Inicial		0.000		0.000	0.000			
24 Horas		12.000		20.000	15.000			
48 Horas		23.000		26.000	24.000			
72 Horas		32.000		40.000	38.000			
96 Horas		42.000		42.000	43.000			
Expansión	%	0.36		0.36	0.37			
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.927		11.091	12.435			
Peso de molde	Kg	7.768		5.918	7.423			
Peso suelo húmedo	Kg	5.159		5.173	5.012			
Peso suelo seco	Kg	4.855		4.857	4.700			
Densidad húmeda	Kg/m³	2417		2424	2348			
Densidad Seca	Kg/m³	2275		2276	2202			
HUMEDAD	Tarro N°	18	1	18	10	7	16	
	Peso húmedo + recipiente	gr	176.51	210.56	156.70	205.02	147.73	182.02
	Peso seco + recipiente	gr	167.99	199.81	149.11	194.16	140.09	172.95
	Peso de agua	gr	8.52	10.75	7.59	10.86	7.64	9.07
	Peso de recipiente	gr	30.60	30.22	30.60	30.05	29.84	29.86
	Peso seco	gr	137.39	169.59	118.51	164.11	110.25	143.09
	Contenido de agua	%	6.20	6.34	6.40	6.62	6.93	6.34
	Promedio	%	6.27		6.51	6.63		
Observaciones:								
 Ing. Xavier Tepán V.								

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION		
<b>PROYECTO</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES						
<b>TESIS:</b> PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN						
<b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA						
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				<b>Código Mezcla :</b> A-I		
<b>NORMA:</b> ASTM-D-1883				<b>Granulometría:</b> A-I		
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022		<b>Fecha de Ensayo:</b> 11/04/2022		<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B		
<b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán		<b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M4.M3)				
<b>Molde Nº</b>	<b>CN</b>	<b>CE</b>	<b>C3</b>	<b>CN</b>	<b>CE</b>	<b>C3</b>
Nº Golpes por cava	56	56	56	56	56	56
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>			<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	217	380	72	127	66
1.02	0.04	636	720	212	240	185
1.52	0.06	1178	1260	393	420	346
2.03	0.08	1797	1880	599	627	527
2.54	0.10	2528	2400	843	800	738
3.05	0.12	3379	3061	1126	1020	986
6.35	0.14	4316	3940	1439	1313	1258
4.06	0.16	5121	4560	1707	1520	1497
5.1	0.20	6596	5842	2199	1947	1928
5.6	0.22	7009	6780	2336	2260	2044
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>			<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.00	0.00	217	380	72	127	66
0.51	0.02	636	720	212	240	185
1.02	0.04	1178	1260	393	420	346
1.52	0.06	1797	1880	599	627	527
2.03	0.08	2528	2400	843	800	738
2.54	0.10	3379	3061	1126	1020	986
6.35	0.14	4316	3940	1439	1313	1258
4.06	0.16	5121	4560	1707	1520	1497
5.1	0.20	6596	5842	2199	1947	1928
5.6	0.22	7009	6780	2336	2260	2044

**Gráfico para CBR**

**Gráfico corregido CBR**

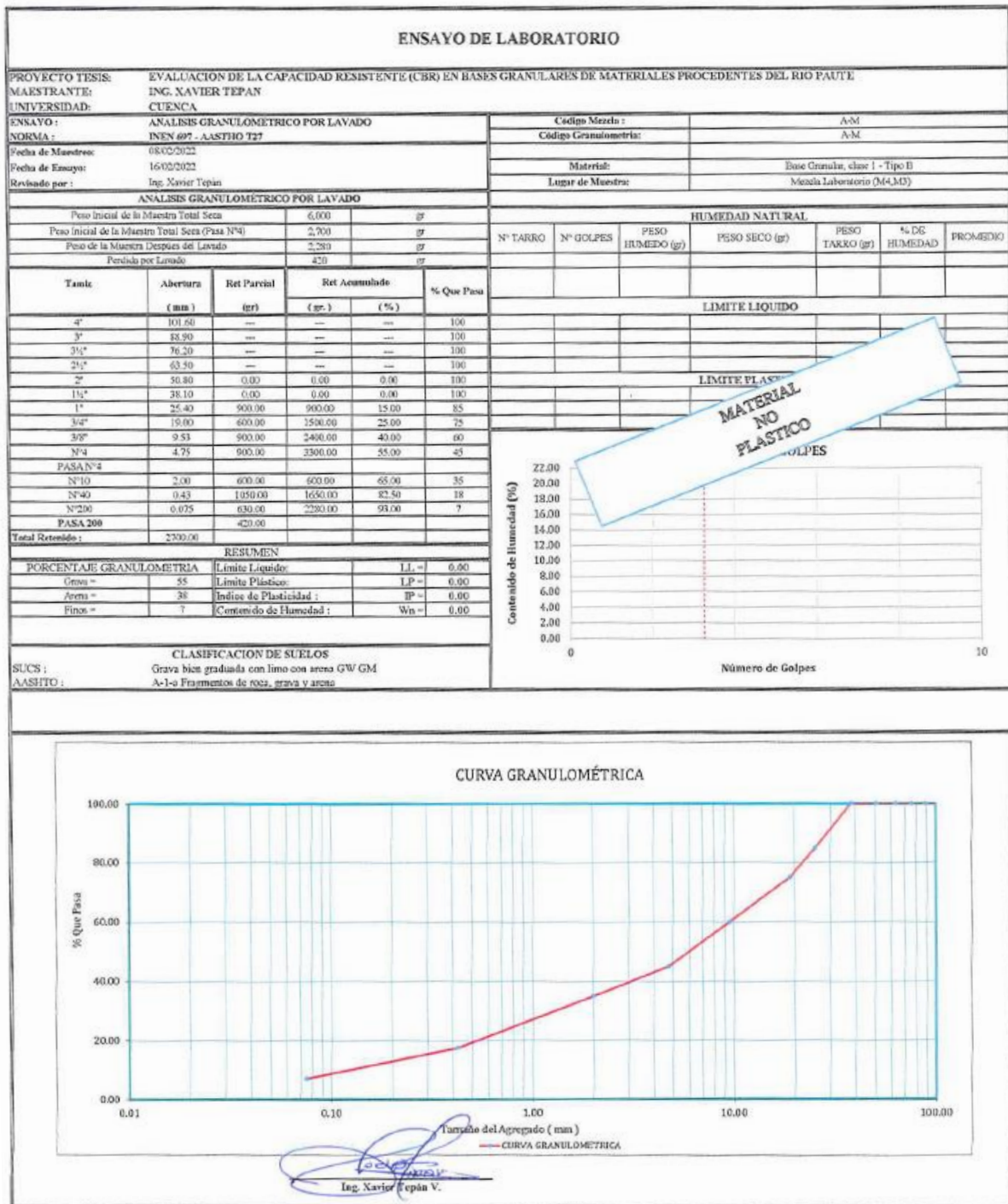
RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.),	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
CN	56.00	2.296.00	1.126.33	2.198.67	113%	147%
CE	56.00	2.240.00	1.020.33	1.947.33	102%	130%
C3	56.00	2.211.00	986.00	1.928.00	99%	129%

Densidad Seca máx: 2,200 Kg/m<sup>3</sup>  
CBR (Asumido): 99%

Ing. Xavier Tepán V.

## 8.10 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica A-M.





## ENSAYO DE LABORATORIO

PROYECTO TESIS: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CURB) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE

MAESTRANTE: ING. XAVIER TEPÁN

UNIVERSIDAD: UCUENCA

ENSAYO: PROCTOR MODIFICADO

NORMA: ASTM D1557

Fecha de Muestra: 08/02/2022

Fecha de Ensayo: 16/02/2022

Registrado por: Ing. Xavier Tepán

Código Muestra: A-M

Código Granulometría: A-M

Material: Base Granulada, clase 1 - Tipo B

Lugar de Muestra: Merced Laboratorio (M4, M3)

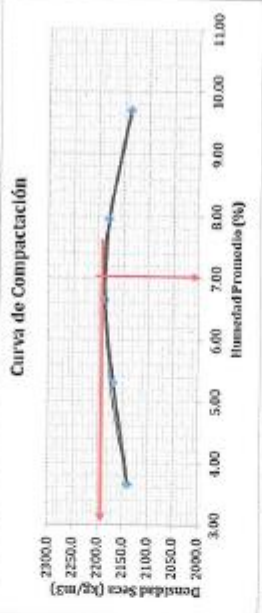
METODO =	C	MOLDE # E	Peso =	5.488	Kg
		# Cajas / Mol = 5	Volumen =	0.002	m <sup>3</sup>
PROCTUR =	MODIFICADO	# Cajas / Caja = 56	Diámetro =	0.023	ulg

### DENSIDAD DE LABORATORIO

Ensayo #	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	260.00	300.00	402.00	500	600
Peso medio hmo + molde (Kg)	10.218	10.369	10.465	10.507	10.486
Densidad Húmeda (Kg/m <sup>3</sup> )	2.217.89	2.284.47	2.333.71	2.353.40	2.343.55
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2.159.79	2.169.89	2.188.19	2.180.06	2.136.33


### PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA

Ensayo #	1	10	13	2	4	8	12	5
Peso hmo + tarro (gr)	137.26	137.63	118.85	138.92	154.07	139.23	148.32	155.45
Peso seco + tarro (gr)	134.09	133.74	114.17	133.72	146.52	132.29	139.22	146.62
Peso de hmo (gr)	29.69	30.65	29.86	20.91	29.89	30.19	30.20	20.99
% de Humedad	3.50	3.80	5.60	5.00	6.80	8.30	7.60	9.80
% Promedio hmo	3.65		5.30	6.65		7.95		9.70



Den. Máxima = 2.190 kg/m<sup>3</sup>  
Hums. Óptima = 7.00 %

*[Firma]*  
Ing. Xavier Tepán V.

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. REGISTRO				
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE								
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA								
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)								
<b>NORMA:</b> ASTM-D-1883			<b>Código Mezcla :</b> A-M					
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 16/02/2022 <b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán			<b>Código Granulometría:</b> A-M					
			<b>Materia:</b> Base Granular, clase I - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M4,M3)					
Datos Molde								
<b>Peso del martillo = 10 Lbs</b>		<b>Altura caída del martillo = 18 plgs.</b>		<b>Numero de capas = 5</b>				
<b>Diámetro =</b>	<b>Molde N°</b>	<b>C1</b>	<b>Molde N°</b>	<b>CE</b>	<b>Molde N°</b>			
0.1524 m	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m			
<b>Altura =</b>	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m			
<b>Volumen =</b>	0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>			
<b>Molde</b>	N°	C1	CE	C2				
<b>Golpes</b>	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
<b>Peso suelo húmedo + molde</b>	Kg	12.815	10.968	12.706				
<b>Peso de molde</b>	Kg	7.786	5.918	7.743				
<b>Peso suelo húmedo</b>	Kg	5.029	5.050	4.963				
<b>Peso suelo seco</b>	Kg	4.717	4.722	4.634				
<b>Densidad húmeda</b>	Kg/m <sup>3</sup>	2,356.000	2,366.000	2,325.000				
<b>Densidad Seca</b>	Kg/m <sup>3</sup>	2,210.000	2,213.000	2,171.000				
HUMEDAD	<b>Tarro N°</b>	7	2	11	14	8	9	
	<b>Peso húmedo + recipiente</b>	gr	125.48	106.39	210.16	208.19	205.32	177.50
	<b>Peso seco + recipiente</b>	gr	119.79	101.46	198.11	196.98	193.73	167.69
	<b>Peso de agua</b>	gr	5.69	4.93	12.05	11.21	11.59	9.81
	<b>Peso de recipiente</b>	gr	29.84	29.83	29.75	30.19	30.20	29.89
	<b>Peso seco</b>	gr	89.95	71.63	168.36	166.79	163.53	137.80
	<b>Contenido de agua</b>	%	6.33	6.88	7.16	6.72	7.09	7.12
	<b>Promedio</b>	%	6.60		6.94		7.10	
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)								
<b>Inicial</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
<b>24 Horas</b>		23.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	
<b>48 Horas</b>		28.000	35.000	35.000	36.000	36.000	36.000	
<b>72 Horas</b>		34.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	
<b>96 Horas</b>		40.000	42.000	42.000	44.000	44.000	44.000	
<b>Expansión</b>	%	0.34	0.36	0.36	0.38	0.38	0.38	
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
<b>Peso suelo húmedo + molde</b>	Kg	12.705	10.968	12.793				
<b>Peso de molde</b>	Kg	7.786	5.918	7.743				
<b>Peso suelo húmedo</b>	Kg	4.919	5.050	5.050				
<b>Peso suelo seco</b>	Kg	4.592	4.694	4.697				
<b>Densidad húmeda</b>	Kg/m <sup>3</sup>	2305	2366	2366				
<b>Densidad Seca</b>	Kg/m <sup>3</sup>	2152	2200	2201				
HUMEDAD	<b>Tarro N°</b>	14	17	3	19	18	21	
	<b>Peso húmedo + recipiente</b>	gr	152.21	166.26	203.04	177.78	126.55	126.39
	<b>Peso seco + recipiente</b>	gr	143.35	158.08	190.61	167.54	119.32	120.02
	<b>Peso de agua</b>	gr	8.86	8.18	12.43	10.24	7.03	6.37
	<b>Peso de recipiente</b>	gr	30.19	30.11	29.69	29.67	30.60	30.22
	<b>Peso seco</b>	gr	113.16	127.97	160.92	137.87	88.72	89.80
	<b>Contenido de agua</b>	%	7.85	6.39	7.72	7.43	7.92	7.09
	<b>Promedio</b>	%	7.11		7.58		7.51	
<b>Observaciones:</b>								
 Ing. Xavier Tepán V.								



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION		
<b>PROYECTO</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN						
<b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA						
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				<b>Código Mezcla :</b> A-M		
<b>NORMA:</b> ASTM D-1883				<b>Granulometría:</b> A-M		
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022		<b>Fecha de Ensayo:</b> 16/02/2022		<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B		
<b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán		<b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M4,M3)				
<b>Molde N°</b>	<b>C1</b>	<b>CE</b>	<b>C2</b>	<b>C1</b>	<b>CE</b>	<b>C2</b>
<b>N° Golpes por capa</b>	56	56	56	56	56	56
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>			<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	845	605	476	282	202
1.02	0.04	1356	998	837	452	333
1.52	0.06	2005	1537	1305	668	512
2.03	0.08	2759	2201	1883	920	734
2.54	0.10	3424	2875	2504	1141	938
3.05	0.12	4206	3701	3321	1402	1234
3.55	0.14	4953	4501	4222	1651	1500
4.06	0.16	5826	5495	5274	1942	1832
5.1	0.20	6823	7550	7128	2274	2517
5.6	0.22	6890	8609	8056	2297	2870
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>			<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	845	605	476	282	202
1.02	0.04	1356	998	837	452	333
1.52	0.06	2005	1537	1305	668	512
2.03	0.08	2759	2201	1883	920	734
2.54	0.10	3424	2875	2504	1141	938
3.05	0.12	4206	3701	3321	1402	1234
3.55	0.14	4953	4501	4222	1651	1500
4.06	0.16	5826	5495	5274	1942	1832
5.1	0.20	6823	7550	7128	2274	2517
5.6	0.22	6890	8609	8056	2297	2870

Gráfico CBR: Gráfico de Carga Unitaria (lb/plg.<sup>2</sup>) vs Penetración (plg.). Muestra tres curvas de datos para las mezclas C1, CE y C2, con líneas de tendencia que indican una relación no lineal entre la penetración y la carga unitaria.

Gráfico corregido CBR: Gráfico de Carga Unitaria (lb/plg.<sup>2</sup>) vs Penetración (plg.). Muestra tres curvas de datos corregidas para las mezclas C1, CE y C2, con líneas de tendencia que indican una relación no lineal entre la penetración y la carga unitaria corregida.

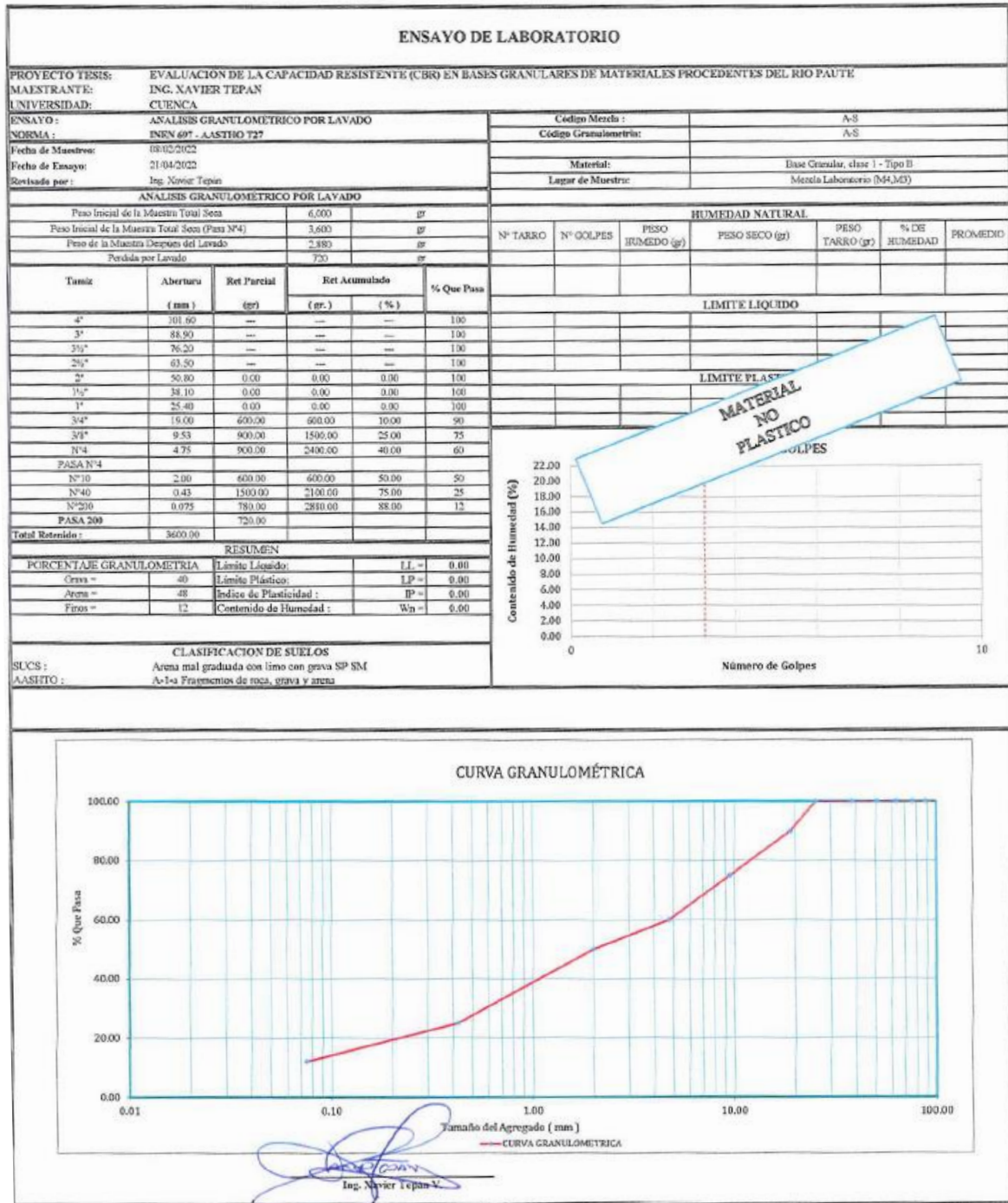
RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2.210.00	1,141.33	2,274.33	114.1%	152%
CE	56.00	2.213.00	958.33	2,516.67	95.8%	168%
C2	56.00	2,171.00	834.67	2,376.00	83.5%	158%

Densidad Seca méz: 2,190 Kg/m<sup>3</sup>  
CBR (Asumido): 96%

Ing. Xavier Tepán V.

## 8.11 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica A-S.



**ENSAYO DE LABORATORIO**

---

**PROYECTO TEMS:** EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE  
**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPÁN  
**UNIVERSIDAD:** UCUENCA

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO  
**NORMA:** ASTM D1557

**Fecha de Muestreo:** 08/02/2022  
**Fecha de Ensayo:** 21/04/2022  
**Realizado por:** Ing. Xavier Tepán

**Código Mezcla:** A-S  
**Código Granulometría:** A-S  
**Material:** Base Granulada Clase 1 - Tipo B  
**Lugar de Muestra:** Mezcla Labormixto (M4,M3)

**METODO =** C

**PROCTOR =** MODIFICADO

Ensayo #	DENSIDAD DE LABORATORIO				
	1	2	3	4	5
Humedad Inicial (%)	200.00	360.00	400.00	500	600
Peso suelo hum. + Molde (Kg)	10.200	16.320	10.403	10.454	10.403
Densidad Humida (Kg/m <sup>3</sup> )	2.209.45	2.265.72	2.304.63	2.328.55	2.304.63
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2.139.90	2.155.77	2.164.99	2.149.10	2.093.22

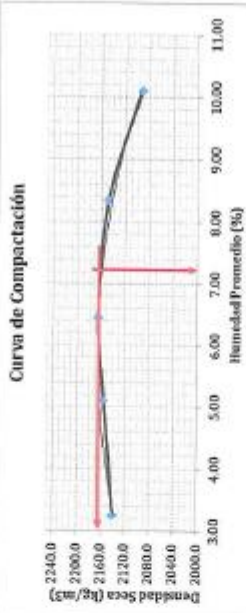
**PROCTOR =** MODIFICADO

Ensayo #	PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA				
	1	2	3	4	5
Tarro #	15	9	13	14	16
Peso Humedo + tarro (gr)	135.50	114.78	118.43	94.51	91.06
Peso seco + tarro (gr)	132.06	112.24	114.02	91.44	87.3
Peso de tarro (gr)	30.24	29.89	29.86	30.19	29.86
% de Humedad	3.49	3.10	5.20	5.00	6.50
% Promedio Humedad	3.25	5.10	6.45	8.40	8.30

**Dens. Máxima = 2.160 kg/m<sup>3</sup>**  
**Hum. Optima = 7.20 %**

Nota: Tiempo de reposo 3 horas


Ing. Xavier Tepán



**Curva de Compactación**

Gráfico que muestra la relación entre la Densidad Seca (kg/m<sup>3</sup>) en el eje Y (rango 2000.0 a 2240.0) y la Humedad Promedio (%) en el eje X (rango 3.00 a 11.00). Se observan dos curvas: una roja que representa la densidad máxima y una azul que representa la humedad óptima. Una línea vertical roja marca la humedad óptima en aproximadamente 7.20%.

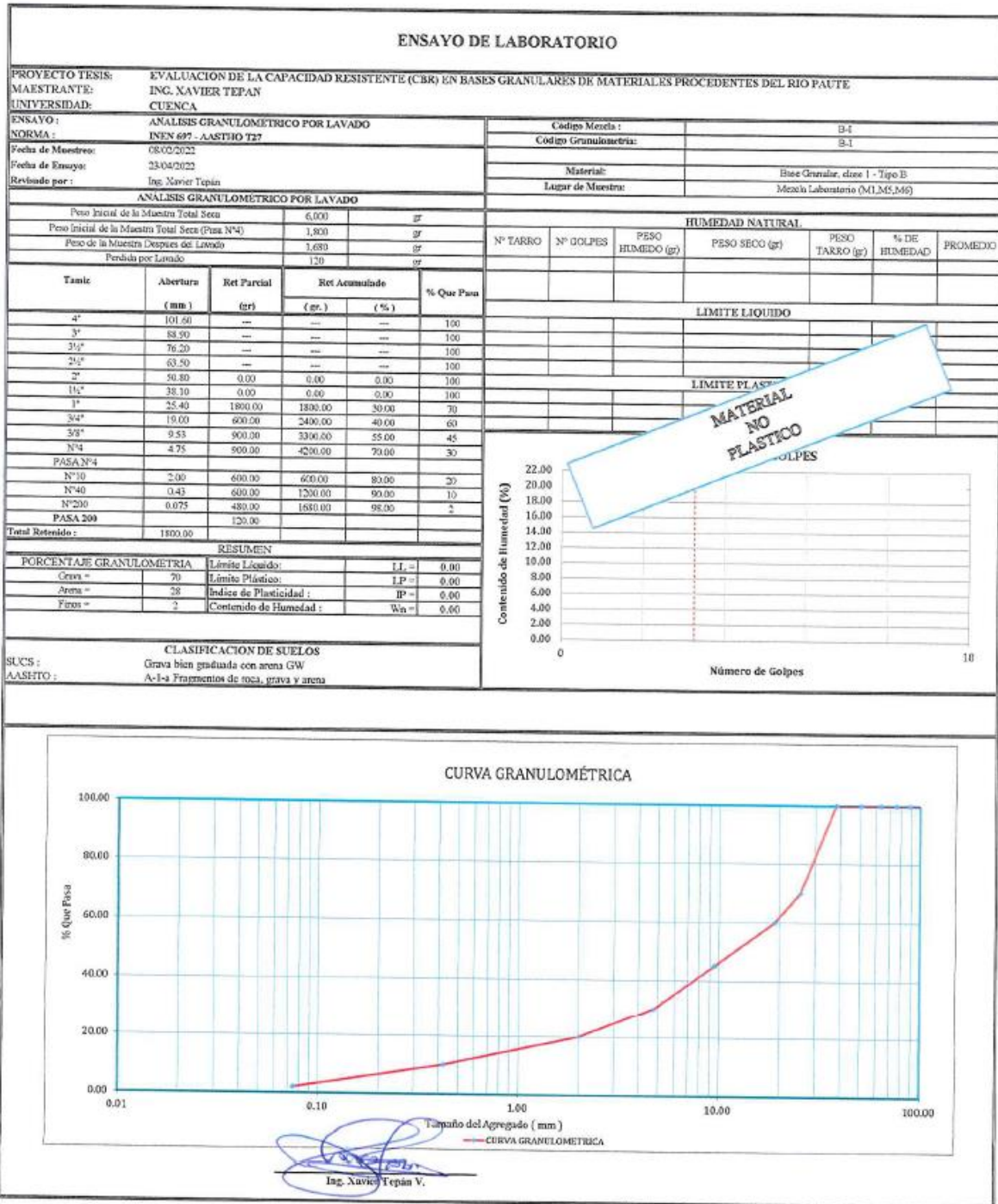


ENSAYO DE LABORATORIO						C.B.R. REGISTRO		
PROYECTO TESIS:		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
MAESTRANTE:		ING. XAVIER TEPAN						
UNIVERSIDAD:		CUENCA						
ENSAYO:		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
NORMA:		ASTM D-1883						
Fecha de Muestreo:		08/02/2022						
Fecha de Ensayo:		21/04/2022						
Revisado por:		Ing. Xavier Tepán						
Código Mezcla:		A-S						
Código Granulometría:		A-S						
Material:		Base Granular, clase I - Tipo B						
Lugar de Muestra:		Mezcla Laboratorio (M4, M3)						
Datos Molde								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.			Numero de capas = 5			
	Molde N°	C1	Molde N°	CN	Molde N°	C3		
Diámetro =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.		
Altura =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.		
Volumen =	0.002134 m³		0.002134 m³		0.002134 m³			
Molde	N°	C1	CN	C3				
Golpes	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde		Kg		12.940	12.716	12.457		
Peso de molde		Kg		7.786	7.768	7.423		
Peso suelo húmedo		Kg		5.154	4.948	5.034		
Peso suelo seco		Kg		4.849	4.643	4.686		
Densidad húmeda		Kg/m³		2.415.000	2.318.000	2.359.000		
Densidad Seca		Kg/m³		2.272.000	2.176.000	2.196.000		
HUMEDAD	Tarro N°	19	5	6	1	18	15	
	Peso húmedo + recipiente	gr	169.12	198.63	210.96	184.12	214.91	213.37
	Peso seco + recipiente	gr	160.75	188.80	199.48	174.94	202.08	200.83
	Peso de agua	gr	8.37	9.83	11.48	9.18	12.83	12.54
	Peso de recipiente	gr	29.67	30.22	30.07	30.22	30.60	30.24
	Peso seco	gr	131.08	158.58	169.41	144.72	171.48	170.59
	Contenido de agua	%	6.39	6.20	6.78	6.34	7.48	7.35
	Promedio	%	6.29		6.56		7.42	
	LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)							
Inicial		0.000		0.000		0.000		
24 Horas		20.000		10.000		15.000		
48 Horas		30.000		35.000		20.000		
72 Horas		40.000		38.000		35.000		
96 Horas		43.000		50.000		45.000		
Expansión		%		0.37		0.43		
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde		Kg		12.910	12.837	12.952		
Peso de molde		Kg		7.786	7.768	7.423		
Peso suelo húmedo		Kg		5.124	5.069	5.529		
Peso suelo seco		Kg		4.775	4.707	5.106		
Densidad húmeda		Kg/m³		2401	2375	2591		
Densidad Seca		Kg/m³		2237	2205	2392		
HUMEDAD	Tarro N°	2	4	7	14	8	5	
	Peso húmedo + recipiente	gr	152.21	166.26	203.04	177.78	126.35	126.39
	Peso seco + recipiente	gr	143.74	157.13	190.80	167.13	118.97	119.06
	Peso de agua	gr	8.47	9.13	12.24	10.65	7.38	7.33
	Peso de recipiente	gr	29.83	29.91	29.84	30.19	30.20	30.22
	Peso seco	gr	113.91	127.22	160.96	136.94	88.77	88.84
	Contenido de agua	%	7.44	7.18	7.60	7.78	8.31	8.25
	Promedio	%	7.31		7.69		8.28	
	Observaciones:							
 Ing. Xavier Tepán V.								

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION																																																																																																																		
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE																																																																																																																						
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA																																																																																																																						
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) <b>NORMA:</b> ASTM-D-1883				<b>Código Mezcla:</b> A-S <b>Granulometría:</b> A-S																																																																																																																		
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 21/04/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granular, clase I - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M4.M3)																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Molde Nº</th> <th>C1</th> <th>CN</th> <th>C3</th> <th>C1</th> <th>CN</th> <th>C3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº Golpes por capa</td> <td>56</td> <td>56</td> <td>56</td> <td>56</td> <td>56</td> <td>56</td> </tr> </tbody> </table>							Molde Nº	C1	CN	C3	C1	CN	C3	Nº Golpes por capa	56	56	56	56	56	56																																																																																																		
Molde Nº	C1	CN	C3	C1	CN	C3																																																																																																																
Nº Golpes por capa	56	56	56	56	56	56																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Penetración</th> <th colspan="3">Carga de penetración, lb.</th> <th colspan="3">Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></th> </tr> <tr> <th>(mm)</th> <th>(plg)</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.51</td><td>0.02</td><td>132</td><td>294</td><td>114</td><td>44</td><td>98</td><td>38</td></tr> <tr><td>1.02</td><td>0.04</td><td>512</td><td>667</td><td>396</td><td>171</td><td>222</td><td>132</td></tr> <tr><td>1.52</td><td>0.06</td><td>1084</td><td>1163</td><td>820</td><td>361</td><td>388</td><td>273</td></tr> <tr><td>2.03</td><td>0.08</td><td>1774</td><td>1747</td><td>1336</td><td>591</td><td>582</td><td>445</td></tr> <tr><td>2.54</td><td>0.10</td><td>2438</td><td>2338</td><td>1878</td><td>813</td><td>779</td><td>626</td></tr> <tr><td>3.05</td><td>0.12</td><td>3039</td><td>2976</td><td>2418</td><td>1013</td><td>992</td><td>806</td></tr> <tr><td>3.56</td><td>0.14</td><td>3685</td><td>3596</td><td>3020</td><td>1228</td><td>1199</td><td>1007</td></tr> <tr><td>4.06</td><td>0.16</td><td>4327</td><td>4264</td><td>3694</td><td>1442</td><td>1421</td><td>1231</td></tr> <tr><td>4.57</td><td>0.18</td><td>4969</td><td>4848</td><td>4368</td><td>1656</td><td>1653</td><td>1455</td></tr> <tr><td>5.08</td><td>0.20</td><td>5611</td><td>5448</td><td>5042</td><td>1870</td><td>1816</td><td>1653</td></tr> <tr><td>5.59</td><td>0.22</td><td>6253</td><td>5832</td><td>5616</td><td>2084</td><td>1944</td><td>1722</td></tr> </tbody> </table>							Penetración		Carga de penetración, lb.			Esfuerzo lb/plg. <sup>2</sup>			(mm)	(plg)							0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.51	0.02	132	294	114	44	98	38	1.02	0.04	512	667	396	171	222	132	1.52	0.06	1084	1163	820	361	388	273	2.03	0.08	1774	1747	1336	591	582	445	2.54	0.10	2438	2338	1878	813	779	626	3.05	0.12	3039	2976	2418	1013	992	806	3.56	0.14	3685	3596	3020	1228	1199	1007	4.06	0.16	4327	4264	3694	1442	1421	1231	4.57	0.18	4969	4848	4368	1656	1653	1455	5.08	0.20	5611	5448	5042	1870	1816	1653	5.59	0.22	6253	5832	5616	2084	1944	1722
Penetración		Carga de penetración, lb.			Esfuerzo lb/plg. <sup>2</sup>																																																																																																																	
(mm)	(plg)																																																																																																																					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0																																																																																																															
0.51	0.02	132	294	114	44	98	38																																																																																																															
1.02	0.04	512	667	396	171	222	132																																																																																																															
1.52	0.06	1084	1163	820	361	388	273																																																																																																															
2.03	0.08	1774	1747	1336	591	582	445																																																																																																															
2.54	0.10	2438	2338	1878	813	779	626																																																																																																															
3.05	0.12	3039	2976	2418	1013	992	806																																																																																																															
3.56	0.14	3685	3596	3020	1228	1199	1007																																																																																																															
4.06	0.16	4327	4264	3694	1442	1421	1231																																																																																																															
4.57	0.18	4969	4848	4368	1656	1653	1455																																																																																																															
5.08	0.20	5611	5448	5042	1870	1816	1653																																																																																																															
5.59	0.22	6253	5832	5616	2084	1944	1722																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Penetración</th> <th colspan="3">Carga de penetración corregida, lb.</th> <th colspan="3">Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></th> </tr> <tr> <th>(mm)</th> <th>(plg)</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.51</td><td>0.02</td><td>132</td><td>294</td><td>114</td><td>44</td><td>98</td><td>38</td></tr> <tr><td>1.02</td><td>0.04</td><td>512</td><td>667</td><td>396</td><td>171</td><td>222</td><td>132</td></tr> <tr><td>1.52</td><td>0.06</td><td>1084</td><td>1163</td><td>820</td><td>361</td><td>388</td><td>273</td></tr> <tr><td>2.03</td><td>0.08</td><td>1774</td><td>1747</td><td>1336</td><td>591</td><td>582</td><td>445</td></tr> <tr><td>2.54</td><td>0.10</td><td>2438</td><td>2338</td><td>1878</td><td>813</td><td>779</td><td>626</td></tr> <tr><td>3.05</td><td>0.12</td><td>3039</td><td>2976</td><td>2418</td><td>1013</td><td>992</td><td>806</td></tr> <tr><td>3.56</td><td>0.14</td><td>3685</td><td>3596</td><td>3020</td><td>1228</td><td>1199</td><td>1007</td></tr> <tr><td>4.06</td><td>0.16</td><td>4327</td><td>4264</td><td>3694</td><td>1442</td><td>1421</td><td>1231</td></tr> <tr><td>4.57</td><td>0.18</td><td>4969</td><td>4848</td><td>4368</td><td>1656</td><td>1653</td><td>1455</td></tr> <tr><td>5.08</td><td>0.20</td><td>5611</td><td>5448</td><td>5042</td><td>1870</td><td>1816</td><td>1653</td></tr> <tr><td>5.59</td><td>0.22</td><td>6253</td><td>5832</td><td>5616</td><td>2084</td><td>1944</td><td>1722</td></tr> </tbody> </table>							Penetración		Carga de penetración corregida, lb.			Esfuerzo corregido lb/plg. <sup>2</sup>			(mm)	(plg)							0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.51	0.02	132	294	114	44	98	38	1.02	0.04	512	667	396	171	222	132	1.52	0.06	1084	1163	820	361	388	273	2.03	0.08	1774	1747	1336	591	582	445	2.54	0.10	2438	2338	1878	813	779	626	3.05	0.12	3039	2976	2418	1013	992	806	3.56	0.14	3685	3596	3020	1228	1199	1007	4.06	0.16	4327	4264	3694	1442	1421	1231	4.57	0.18	4969	4848	4368	1656	1653	1455	5.08	0.20	5611	5448	5042	1870	1816	1653	5.59	0.22	6253	5832	5616	2084	1944	1722
Penetración		Carga de penetración corregida, lb.			Esfuerzo corregido lb/plg. <sup>2</sup>																																																																																																																	
(mm)	(plg)																																																																																																																					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0																																																																																																															
0.51	0.02	132	294	114	44	98	38																																																																																																															
1.02	0.04	512	667	396	171	222	132																																																																																																															
1.52	0.06	1084	1163	820	361	388	273																																																																																																															
2.03	0.08	1774	1747	1336	591	582	445																																																																																																															
2.54	0.10	2438	2338	1878	813	779	626																																																																																																															
3.05	0.12	3039	2976	2418	1013	992	806																																																																																																															
3.56	0.14	3685	3596	3020	1228	1199	1007																																																																																																															
4.06	0.16	4327	4264	3694	1442	1421	1231																																																																																																															
4.57	0.18	4969	4848	4368	1656	1653	1455																																																																																																															
5.08	0.20	5611	5448	5042	1870	1816	1653																																																																																																															
5.59	0.22	6253	5832	5616	2084	1944	1722																																																																																																															
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Gráfico CBR</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Gráfico corregido CBR</p> </div> </div>																																																																																																																						
<b>RESUMEN</b>																																																																																																																						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)																																																																																																																
C1	56.00	2.272.00	1.013.00	1.771.00	101%	118%																																																																																																																
CN	56.00	2.176.00	992.10	1.944.10	99%	130%																																																																																																																
C3	56.00	2.196.00	806.10	1.722.10	81%	115%																																																																																																																
		Densidad Seca mix:	2.160 Kg/m <sup>3</sup>																																																																																																																			
		CBR (Asamido):	99%																																																																																																																			
 Ing. Xavier Tepán V.																																																																																																																						



## 8.12 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica B-I.



**ENSAYO DE LABORATORIO**

---

**PROYECTO TESIS:** EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO FAUTE  
**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPÁN  
**UNIVERSIDAD:** UCUENCA

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO  
**NORMA:** ASTM D1557

**Código Muestra:** B-1  
**Código Geométrica:** B-1  
**Muestral:** Base Granular, clase 1 - Tipo B  
**Lugar de Muestras:** Alcega Laboratorio (M1, M5, M6)

---

**Fecha de Muestra:** 08/02/2022  
**Fecha de Ensayo:** 23/04/2022  
**Realizado por:** Ing. Xavier Tepán

---

**MÉTODO:** C  
**MOLDE # E:** Pono = 5.488 Kg  
**# Capas / Yel = 5:** Volumen = 0.002 m<sup>3</sup>  
**PROCTOR = MODIFICADO # Golpes / Capa = 56:** Diámetro = 6.023 pulg

---


Molde #	DENSIDAD DE LABORATORIO				
	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	206.60	305.00	406.00	500	600
Peso mocho Bruto + Molde (Kg)	19.084	10.200	10.335	10.415	10.397
Densidad Humida (Kg/m <sup>3</sup> )	2.117.54	2.269.45	2.272.75	2.310.26	2.301.82
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2.037.08	2.096.25	2.131.03	2.172.43	2.099.71

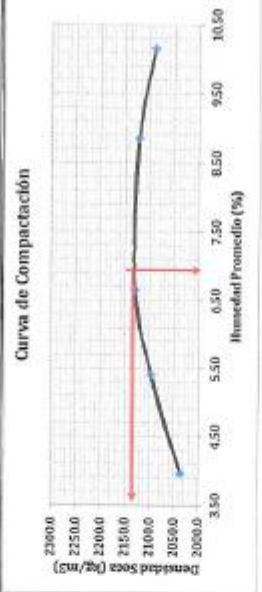
---

Molde #	PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso húmedo + tarso (g)	91.24	110.16	152.74	123.53	154.66	147.17	151.98	162.16	129.00	121.31
Peso seco + tarso (g)	88.98	107.03	146.59	118.05	147.1	135.04	142.06	151.41	120.6	114.75
Peso de tarso (g)	29.69	29.89	29.86	29.99	30.05	29.91	30.11	29.84	30.07	30.07
% de Humedad	3.80	4.10	5.30	5.50	6.50	6.80	8.40	8.90	10.20	10.10
% Densidad húmeda	3.95	5.40	6.65	8.83						


---

**Hum. Máxima =** 2.130 kg/m<sup>3</sup>  
**Hum. Óptima =** 6.90 %

  
**Ing. Xavier Tepán V.**



**Curva de Compactación**

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. REGISTRO				
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBB) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE								
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA								
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBB)		<b>Código Mezcla :</b> B-1						
<b>NORMA:</b> ASTM-D-1883		<b>Código Granulometría:</b> B-1						
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 23/04/2022 <b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán		<b>Material:</b> Base Granulr. clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M1,M3,M6)						
Datos Moldes								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.		Numero de capas = 5				
Diámetro =	Molde N°	C1	C2	C3				
Altura =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m			
Volumen =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m			
	0.002134 m³		0.002134 m³		0.002134 m³			
Molde	N°	C1	C2	C3				
Golpes	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.785	12.876	12.420				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	4.999	5.133	4.997				
Peso suelo seco	Kg	4.699	4.807	4.663				
Densidad húmeda	Kg/m³	2.342.000	2.405.000	2.341.000				
Densidad Seca	Kg/m³	2.202.000	2.252.000	2.185.000				
HUMEDAD	Tarro N°	1	4	6	8	15	17	
	Peso húmedo + recipiente	gr	218.00	221.64	133.94	110.85	135.49	154.91
	Peso seco + recipiente	gr	206.41	210.43	127.89	105.30	128.64	146.37
	Peso de agua	gr	11.59	11.21	6.05	5.55	6.85	8.54
	Peso de recipiente	gr	30.22	29.91	30.07	30.20	30.24	30.11
	Peso seco	gr	176.19	180.52	97.82	75.10	98.40	116.26
	Contenido de agua	%	6.58	6.21	6.18	7.39	6.96	7.35
	Promedio	%	6.39		6.79		7.15	
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)								
Inicial		0.000		0.000		0.000		
24 Horas		20.000		30.000		30.000		
48 Horas		30.000		45.000		40.000		
72 Horas		50.000		62.000		55.000		
96 Horas		52.000		65.000		65.000		
Expansión	%	0.45		0.56		0.56		
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.805	12.905	12.435				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	5.019	5.162	5.012				
Peso suelo seco	Kg	4.675	4.801	4.644				
Densidad húmeda	Kg/m³	2352	2419	2348				
Densidad Seca	Kg/m³	2190	2250	2176				
HUMEDAD	Tarro N°	21	13	15	11	16	9	
	Peso húmedo + recipiente	gr	179.68	194.64	152.33	183.39	183.27	133.26
	Peso seco + recipiente	gr	169.19	183.59	143.72	172.76	172.35	143.92
	Peso de agua	gr	10.49	11.05	8.61	10.63	10.92	9.34
	Peso de recipiente	gr	30.22	29.86	30.24	29.75	29.86	29.89
	Peso seco	gr	138.97	153.73	113.48	143.01	142.49	114.03
	Contenido de agua	%	7.53	7.19	7.59	7.43	7.66	8.19
	Promedio	%	7.37		7.51		7.93	
Observaciones:								
 Ing. Xavier Tepán V.								



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION		
<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES <b>TESIS:</b> PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA						
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) <b>NORMA:</b> ASTM D-1883				<b>Código Mezcla:</b> B-1 <b>Granulometría:</b> B-1		
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 23/04/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M1,M5,M6)		
<b>Molde N°</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>N° Golpes por capa</b>	56	56	56	56	56	56
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>			<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	189	197	186	63	66
1.02	0.04	491	559	528	164	186
1.52	0.06	856	1039	982	285	346
2.03	0.08	1327	1633	1546	442	544
2.54	0.10	1920	2369	2247	640	790
3.05	0.12	2603	3222	3059	868	1074
3.56	0.14	3352	4212	4004	1117	1404
4.06	0.16	4172	5125	4879	1391	1708
5.1	0.20	6378	6997	6680	2126	2332
5.6	0.22	7638	7432	7127	2546	2477
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>			<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.00	0.00	189	197	186	63	66
0.51	0.02	491	559	528	164	186
1.02	0.04	856	1039	982	285	346
1.52	0.06	1327	1633	1546	442	544
2.03	0.08	1920	2369	2247	640	790
2.54	0.10	2603	3222	3059	868	1074
3.56	0.14	3352	4212	4004	1117	1404
4.06	0.16	4172	5125	4879	1391	1708
5.1	0.20	6378	6997	6680	2126	2332
5.6	0.22	7638	7432	7127	2546	2477

**Gráfico para CBR**

**Gráfico corregido CBR**

RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb.	Carga (0.2plg.), lb.	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2.202.00	867.67	2.126.00	87%	142%
C2	56.00	2.252.00	1.074.00	2.332.33	107%	155%
C3	56.00	2.185.00	1.019.67	2.226.67	102%	148%

Densidad Seca máx: 2.130 Kg/m<sup>3</sup>  
 CBR (Asumido): 102%

**Ing. Xavier Tepán V.**

## 8.13 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica B-M.

ENSAYO DE LABORATORIO																																																																																																																																		
PROYECTO TESIS:		EVALUACION DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE																																																																																																																																
MAESTRANTE:		ING. XAVIER TEPAN																																																																																																																																
UNIVERSIDAD:		UCUENCA																																																																																																																																
ENSAYO:		ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO																																																																																																																																
NORMA:		ENEN 607 - AASTHO T27																																																																																																																																
Fecha de Muestreo:		08/02/2022																																																																																																																																
Fecha de Ensayo:		18/03/2022																																																																																																																																
Revisado por:		Ing. Xavier Tepán																																																																																																																																
ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO					Código Mezcla: B-M Código Granulometría: B-M Material: Base Granular, clase 1 - Tipo B Lugar de Muestra: Mezcla Laboratorio (MLM5.M6)																																																																																																																													
Peso Inicial de la Muestra Total Seca:		6.000			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">HUMEDAD NATURAL</th> </tr> <tr> <th>Nº TARRO</th> <th>Nº GOLPES</th> <th>PESO HUMEDO (gr)</th> <th>PESO SECO (gr)</th> <th>PESO TARRO (gr)</th> <th>% DE HUMEDAD</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					HUMEDAD NATURAL						Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO TARRO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO																																																																																																												
HUMEDAD NATURAL																																																																																																																																		
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO TARRO (gr)						% DE HUMEDAD	PROMEDIO																																																																																																																							
Peso Inicial de la Muestra Total Seca (Paso N°4):		2.700																																																																																																																																
Peso de la Muestra Después del Lavado:		2.780																																																																																																																																
Pérdida por Lavado:		430																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tamiz</th> <th rowspan="2">Abertura (mm)</th> <th rowspan="2">Ret. Parcial (gr)</th> <th colspan="2">Ret. Acumulado</th> <th rowspan="2">% Que Pasa</th> </tr> <tr> <th>(gr.)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4"</td><td>101.60</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>100</td></tr> <tr><td>3"</td><td>88.90</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>100</td></tr> <tr><td>3 1/2"</td><td>76.20</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>100</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.50</td><td>---</td><td>---</td><td>---</td><td>100</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.80</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.10</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.40</td><td>900.00</td><td>900.00</td><td>15.00</td><td>85</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.00</td><td>600.00</td><td>1500.00</td><td>25.00</td><td>75</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td>900.00</td><td>2400.00</td><td>40.00</td><td>60</td></tr> <tr><td>N°4</td><td>4.75</td><td>900.00</td><td>3300.00</td><td>55.00</td><td>45</td></tr> <tr><td colspan="6">PASA N°4</td></tr> <tr><td>N°10</td><td>2.00</td><td>600.00</td><td>600.00</td><td>65.00</td><td>35</td></tr> <tr><td>N°40</td><td>0.43</td><td>1050.00</td><td>1650.00</td><td>82.50</td><td>18</td></tr> <tr><td>N°200</td><td>0.075</td><td>630.00</td><td>2280.00</td><td>93.00</td><td>7</td></tr> <tr><td>PASA 200</td><td></td><td>420.00</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="2">Total Retenido:</td><td>2700.00</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tamiz	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado		% Que Pasa	(gr.)	(%)	4"	101.60	---	---	---	100	3"	88.90	---	---	---	100	3 1/2"	76.20	---	---	---	100	2 1/2"	63.50	---	---	---	100	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100	1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100	1"	25.40	900.00	900.00	15.00	85	3/4"	19.00	600.00	1500.00	25.00	75	3/8"	9.53	900.00	2400.00	40.00	60	N°4	4.75	900.00	3300.00	55.00	45	PASA N°4						N°10	2.00	600.00	600.00	65.00	35	N°40	0.43	1050.00	1650.00	82.50	18	N°200	0.075	630.00	2280.00	93.00	7	PASA 200		420.00				Total Retenido:		2700.00				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">RESUMEN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PORCENTAJE GRANULOMETRIA</td> <td>Limite Líquido:</td> <td>LL =</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Grava =</td> <td>Limite Plástico:</td> <td>LP =</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Arena =</td> <td>Indice de Plasticidad:</td> <td>IP =</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Finos =</td> <td>Coeficiente de Humedad:</td> <td>Wn =</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>					RESUMEN				PORCENTAJE GRANULOMETRIA	Limite Líquido:	LL =	0.00	Grava =	Limite Plástico:	LP =	0.00	Arena =	Indice de Plasticidad:	IP =	0.00	Finos =	Coeficiente de Humedad:	Wn =	0.00
Tamiz	Abertura (mm)				Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado		% Que Pasa																																																																																																																										
		(gr.)	(%)																																																																																																																															
4"	101.60	---	---	---	100																																																																																																																													
3"	88.90	---	---	---	100																																																																																																																													
3 1/2"	76.20	---	---	---	100																																																																																																																													
2 1/2"	63.50	---	---	---	100																																																																																																																													
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100																																																																																																																													
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100																																																																																																																													
1"	25.40	900.00	900.00	15.00	85																																																																																																																													
3/4"	19.00	600.00	1500.00	25.00	75																																																																																																																													
3/8"	9.53	900.00	2400.00	40.00	60																																																																																																																													
N°4	4.75	900.00	3300.00	55.00	45																																																																																																																													
PASA N°4																																																																																																																																		
N°10	2.00	600.00	600.00	65.00	35																																																																																																																													
N°40	0.43	1050.00	1650.00	82.50	18																																																																																																																													
N°200	0.075	630.00	2280.00	93.00	7																																																																																																																													
PASA 200		420.00																																																																																																																																
Total Retenido:		2700.00																																																																																																																																
RESUMEN																																																																																																																																		
PORCENTAJE GRANULOMETRIA	Limite Líquido:	LL =	0.00																																																																																																																															
Grava =	Limite Plástico:	LP =	0.00																																																																																																																															
Arena =	Indice de Plasticidad:	IP =	0.00																																																																																																																															
Finos =	Coeficiente de Humedad:	Wn =	0.00																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CLASIFICACION DE SUELOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCS:</td> <td>Grava bien graduada con limo con arena GW GM</td> </tr> <tr> <td>AASHTO:</td> <td>A-1-2 Fragmentos de roca, grava y arena</td> </tr> </tbody> </table>										CLASIFICACION DE SUELOS		SUCS:	Grava bien graduada con limo con arena GW GM	AASHTO:	A-1-2 Fragmentos de roca, grava y arena																																																																																																																			
CLASIFICACION DE SUELOS																																																																																																																																		
SUCS:	Grava bien graduada con limo con arena GW GM																																																																																																																																	
AASHTO:	A-1-2 Fragmentos de roca, grava y arena																																																																																																																																	
					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-15deg); display: inline-block;"> <b>MATERIAL NO PLASTICO</b> </div>																																																																																																																													
<h3>CURVA GRANULOMETRICA</h3>																																																																																																																																		



## ENSAYO DE LABORATORIO

**PROYECTO USIS:** EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CUR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RÍO PAUTE  
**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPÁN  
**UNIVERSIDAD:** CUENCA  
**ENSAYO 1:** PROCTOR MODIFICADO  
**NORMA:** ASTM D1557

**Códigos:** Muestra: B-M  
 Código Gramadimetría: B-M  
 Material: Base Granular, clase 1 - Tipo B  
 Lugar de Muestra: Mochil Laboratorio (M1, M5, M6)

Fecha de Muestreo: 08/02/2022  
 Fecha de Ensayo: 18/03/2022  
 Realizado por: Ing. Xavier Tepán

METODO	C	MOLDE # E	Peso =	5.488	Kg
PROCTOR =	MODIFICADO	# Capas / Mold = 5	Volumen =	0.002	m <sup>3</sup>
		# Colpes / Copa = 36	Exámetro =	6.023	milg

DENSIDAD DE LABORATORIO					
Ensayo #	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	200.00	302.00	400.00	500	600
Peso suelo hum + molde (Kg)	10.103	10.267	10.452	10.496	10.420
Densidad Húmeda ( Kg/m <sup>3</sup> )	2,163.95	2,240.86	2,327.61	2,348.24	2,312.69
Densidad Seca ( Kg/m <sup>3</sup> )	2,088.77	2,134.16	2,180.43	2,166.27	2,109.46

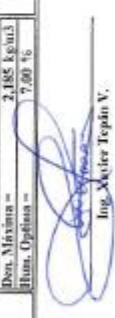
  

PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA										
Ensayo #	1	2	3	4	5					
Lleno 1	3	4	9	13	17					
Peso húmedo + tarro (gf)	102.67	108.32	89.77	102.26	105.77					
Peso seco + tarro (gf)	100.25	105.46	86.72	99.10	101.17					
% de Humedad	3.40	3.80	5.40	4.60	6.50					
% Promedio Humedad	3.60	5.00	6.75	8.20	8.60					
Observaciones:										

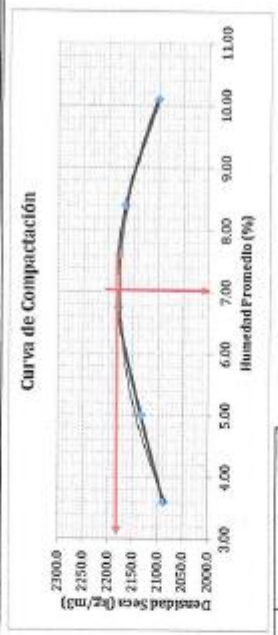
  

Den. Máxima =		2,185 kg/m <sup>3</sup>	
Hum. Optima =		7.00 %	


Ing. Xavier Tepán V.





**Curva de Compactación**

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. REGISTRO				
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE								
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA								
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				<b>Código Mezcla :</b> B-M				
<b>NORMA:</b> ASTM-D-1883				<b>Código Granulometría:</b> B-M				
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 18/03/2022 <b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M1, M5, M6)				
Datos Molde								
<b>Peso del martillo = 10 Lbs</b>		<b>Altura caída del martillo = 18 plgs.</b>				<b>Numero de capas = 5</b>		
<b>Diámetro =</b>	<b>Molde N°</b>	<b>C1</b>	<b>Molde N°</b>	<b>C2</b>	<b>Molde N°</b>	<b>C3</b>		
	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.		
<b>Altura =</b>	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.		
<b>Volumen =</b>	0.002134 m³		0.002134 m³		0.002134 m³			
<b>Molde</b>	N°	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>				
<b>Golpes</b>	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
<b>Peso suelo húmedo + molde</b>	Kg	12.705	12.786	12.492				
<b>Peso de molde</b>	Kg	7.786	7.743	7.423				
<b>Peso suelo húmedo</b>	Kg	4.919	5.043	5.069				
<b>Peso suelo seco</b>	Kg	4.639	4.720	4.735				
<b>Densidad húmeda</b>	Kg/m³	2.305.000	2.363.000	2.375.000				
<b>Densidad Seca</b>	Kg/m³	2.173.000	2.211.000	2.218.000				
HUMEDAD	<b>Tarro N°</b>	10	12	1	9	3	6	
	<b>Peso húmedo + recipiente</b>	gr	121.92	203.26	201.09	195.92	224.48	213.26
	<b>Peso seco + recipiente</b>	gr	116.70	193.36	189.39	186.02	211.30	201.50
	<b>Peso de agua</b>	gr	5.22	9.90	11.70	9.90	13.18	11.76
	<b>Peso de recipiente</b>	gr	30.05	29.99	30.22	29.89	29.69	30.07
	<b>Peso seco</b>	gr	86.65	163.37	159.17	156.13	181.61	171.43
	<b>Contenido de agua</b>	%	6.02	6.06	7.35	6.34	7.26	6.86
	<b>Promedio</b>	%	6.04	6.85	7.06			
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)								
<b>Inicial</b>		0.000	0.000	0.000				
<b>24 Horas</b>		13.000	30.000	30.000				
<b>48 Horas</b>		22.000	45.000	40.000				
<b>72 Horas</b>		46.000	62.000	55.000				
<b>96 Horas</b>		65.000	65.000	65.000				
<b>Expansión</b>	%	0.56	0.56	0.56				
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
<b>Peso suelo húmedo + molde</b>	Kg	12.720	12.805	12.494				
<b>Peso de molde</b>	Kg	7.786	7.743	7.423				
<b>Peso suelo húmedo</b>	Kg	4.934	5.062	5.071				
<b>Peso suelo seco</b>	Kg	4.605	4.715	4.738				
<b>Densidad húmeda</b>	Kg/m³	2312	2372	2376				
<b>Densidad Seca</b>	Kg/m³	2158	2209	2220				
HUMEDAD	<b>Tarro N°</b>	14	17	7	8	5	13	
	<b>Peso húmedo + recipiente</b>	gr	152.21	166.26	189.50	179.31	211.85	207.39
	<b>Peso seco + recipiente</b>	gr	144.34	156.89	178.86	168.78	199.35	196.33
	<b>Peso de agua</b>	gr	7.87	9.37	10.64	10.53	12.50	11.06
	<b>Peso de recipiente</b>	gr	30.19	30.11	29.84	30.20	30.22	29.86
	<b>Peso seco</b>	gr	114.15	126.78	149.02	138.58	169.13	166.47
	<b>Contenido de agua</b>	%	6.89	7.39	7.14	7.60	7.39	6.64
	<b>Promedio</b>	%	7.14	7.37	7.02			
<b>Observaciones:</b>								
 Ing. Xavier Tepán V.								

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION		
<b>PROYECTO TESIS:</b>		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE				
<b>MAESTRANTE:</b>		ING. XAVIER TEPAN				
<b>UNIVERSIDAD:</b>		UCUENCA				
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				
<b>NORMA:</b>		ASTMD-1883				
Fecha de Muestras:		08/02/2022				
Fecha de Ensayo:		18/03/2022				
Revisado por:		Ing. Xavier Tepán				
Código Mezcla:		B-M				
Granulometría:		B-M				
Material:		Base Granular, clase 1 - Tipo B				
Lugar de Muestra:		Mezcla Laboratorio (M1,M5,M6)				
Molde Nº	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Nº Golpes por capa	56	56	56	56	56	56
Penetración		Carga de penetración, lb.			Esfuerzo lb/plg. <sup>2</sup>	
(mm)	(plg)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	178	90	183	59	30
1.02	0.04	482	248	471	161	83
1.52	0.06	882	486	786	294	162
2.03	0.08	1354	862	1158	451	287
2.54	0.10	1916	1352	1602	639	451
3.05	0.12	2578	2010	2112	859	670
6.35	0.14	3414	2860	2395	1138	953
4.06	0.16	4486	3800	3180	1495	1267
5.1	0.20	6784	6068	5007	2261	2023
5.6	0.22	8214	7366	6024	2738	2453
Penetración		Carga de penetración corregida, lb.			Esfuerzo corregido lb/plg. <sup>2</sup>	
(mm)	(plg)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	845	605	476	282	202
1.02	0.04	1356	998	837	452	333
1.52	0.06	2005	1537	1305	668	512
2.03	0.08	2759	2201	1883	920	734
2.54	0.10	3424	2875	2504	1141	958
3.05	0.12	4206	3701	3321	1402	1234
6.35	0.14	4953	4501	4222	1651	1500
4.06	0.16	5826	5495	5274	1942	1832
5.1	0.20	6823	7550	7128	2274	2517
5.6	0.22	6890	8609	8056	2297	2870

**Gráfico CBR**


**Gráfico corregido CBR**

RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2,173.00	1,141.33	2,274.33	114.1%	152%
C2	56.00	2,211.00	958.33	2,516.67	95.8%	168%
C3	56.00	2,218.00	834.67	2,376.00	83.5%	158%

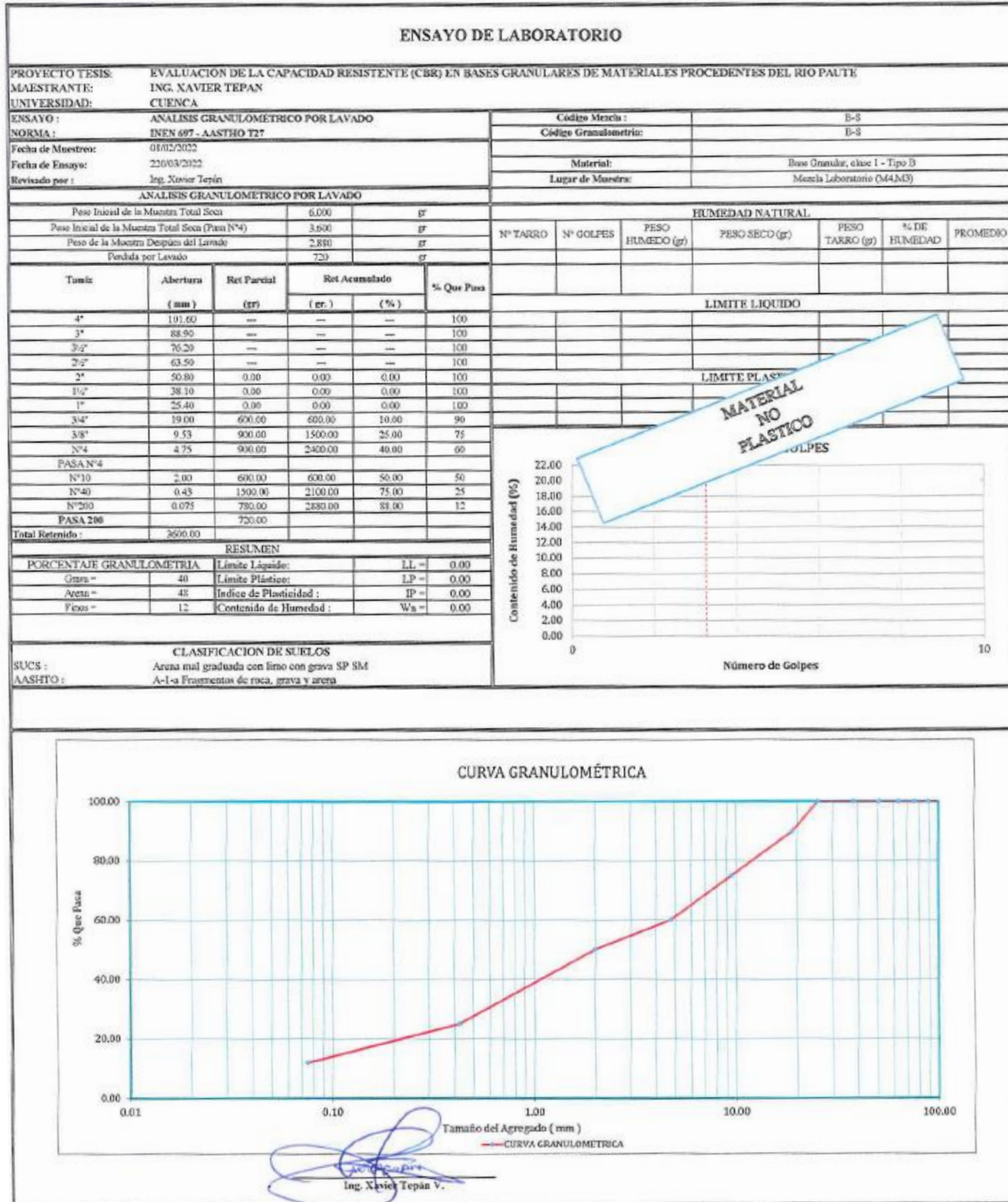
  

Densidad Seca máx: 2,185 Kg/m<sup>3</sup>  
 CBR (Asumido): 95.8%

  
**Ing. Xavier Tepán V.**



## 8.14 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica B-S.



## ENSAYO DE LABORATORIO

**PROYECTO LESIS:** EVALUACION DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE  
**MAESTRIANTE:** ING. XAVIER TEPAN  
**UNIVERSIDAD:** UCUENCA

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO  
**NORMA:** ASTM D1557

**Fecha de Muestreo:** 08/02/2022  
**Fecha de Ensayo:** 22/03/2022  
**Realizado por:** Ing. Xavier Tepán

**Código Mezcla:** B-S  
**Código Granulométrica:** B-S  
**Material:** Bosu Granular, clase 1 - Tipo B  
**Lugar de Muestreo:** Mezcla Laboratorio (M4.M3)


METODO =	C	MOLDE # E	Peso =	5.488	Kg
PROCTOR =	MODIFICADO	# Capas / Molde = 5	Volumen =	6.042	m <sup>3</sup>
		# Golpes / Capa = 56	Densidad =	6.023	mag

		PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ensayo #	11	12	16	19	10	13	4	9	15	17	5
Peso húmedo + tarro (gf)	90.75	81.30	86.15	99.65	88.51	82.49	85.18	74.28	116.17	93.66	
Peso seco + tarro (gf)	89.34	80.39	84.40	96.94	85.59	80.61	81.08	71.63	109.19	88.60	
% de Humedad	2.49	1.80	3.80	29.86	29.67	30.05	29.91	29.89	30.24	30.11	
% Permeo Humedad	2.10	1.80	3.80	4.00	5.30	3.70	8.00	6.30	8.80	8.30	
Observaciones:				3.00	4.80	7.15					

**Dens. Máxima =** 2.168 Kg/m<sup>3</sup>  
**Hum. Optima =** 7.40 %

Nota: Tiempo de reposo 3 horas  
  
**Ing. Xavier Tepán V.**



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. REGISTRO				
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RÍO PAUTE								
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN								
<b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA								
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)								
<b>NORMA:</b> ASTM D-1883			<b>Código Mezcla:</b> B-S					
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022			<b>Código Granulometría:</b> B-S					
<b>Fecha de Ensayo:</b> 22/03/2022			<b>Materia:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B					
<b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán			<b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M4,M3)					
<b>Datos Molde</b>								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.		Numero de capas = 5				
	Molde N°	C1	Molde N°	C2	C3			
Dímetro =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m			
Altura =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m			
Volumen =	0.002134 m³		0.002134 m³		0.002134 m³			
Molde	N°	C1	C2	C3				
Golpes	N°	56	56	56				
<b>ANTES DE INMERSIÓN</b>								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.802	12.736	12.580				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	5.016	4.993	5.157				
Peso suelo seco	Kg	4.694	4.640	4.807				
Densidad húmeda	Kg/m³	2.350.000	2.339.000	2.416.000				
Densidad Seca	Kg/m³	2.199.000	2.174.000	2.252.000				
<b>HUMEDAD</b>	Tarro N°	14	6	1	8	4	13	
	Peso húmedo + recipiente	gr	169.12	198.63	181.01	173.25	182.11	191.23
	Peso seco + recipiente	gr	160.32	187.65	170.05	163.43	171.29	180.79
	Peso de agua	gr	8.80	10.98	10.96	9.82	10.82	10.44
	Peso de recipiente	gr	30.19	30.07	30.22	30.20	29.91	29.86
	Peso seco	gr	130.13	157.58	139.83	133.23	141.38	150.93
	Contenido de agua	%	6.76	6.97	7.84	7.37	7.65	6.92
	Promedio	%	6.87		7.60		7.29	
<b>LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)</b>								
Inicial		0.000	0.000	0.000			0.000	
24 Horas		15.000	25.000	18.000			18.000	
48 Horas		32.000	38.000	25.000			25.000	
72 Horas		41.000	36.000	16.000			16.000	
96 Horas		52.000	62.000	52.000			52.000	
Expansión	%	0.45	0.53	0.45			0.45	
<b>DESPUÉS DE INMERSIÓN</b>								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.910	12.886	12.598				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	5.124	5.143	5.175				
Peso suelo seco	Kg	4.771	4.755	4.659				
Densidad húmeda	Kg/m³	2401	2410	2425				
Densidad Seca	Kg/m³	2235	2228	2183				
<b>HUMEDAD</b>	Tarro N°	7	11	21	2	17	13	
	Peso húmedo + recipiente	gr	152.21	166.26	152.85	202.21	222.28	203.22
	Peso seco + recipiente	gr	143.85	156.76	143.73	189.00	203.16	185.87
	Peso de agua	gr	8.36	9.50	9.12	13.21	19.12	17.35
	Peso de recipiente	gr	29.84	29.75	30.22	29.83	30.11	29.86
	Peso seco	gr	114.01	127.01	113.51	159.17	173.05	156.01
	Contenido de agua	%	7.33	7.48	8.03	8.30	11.05	11.12
	Promedio	%	7.41		8.17		11.08	
Observaciones:								
 Ing. Xavier Tepán V.								

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION			
PROYECTO TESIS:		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE					
MAESTRANTE: UNIVERSIDAD:		ING. XAVIER TEPAN CUENCA					
ENSAYO : NORMA:		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) ASTM D-1883			Código Mezcla : Granulometría:		
Fecha de Muestreo: Fecha de Ensayo: Revisado por :		08/02/2022 22/03/2022 Ing. Xavier Tepán			B-S B-S Material: Lugar de Muestra:		
		Base Granular, clase 1 - Tipo B Mezcla Laboratorio (M4,M3)					
Molde Nº		C1	C2	C3	C1	C2	C3
Nº Golpes por capa		56	56	56	56	56	56
Penetración		Carga de penetración, lb.			Esfuerzo lb/plg. <sup>2</sup>		
(mm)	(plg.)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	159	84	28	53	28	9
1.02	0.04	450	201	67	150	67	22
1.52	0.06	935	399	133	312	133	44
2.03	0.08	1537	705	235	512	235	78
2.54	0.10	2391	1131	377	797	377	126
3.05	0.12	3243	1698	566	1081	566	189
3.55	0.14	4045	2421	807	1348	807	269
4.06	0.16	4833	3216	1072	1611	1072	357
5.1	0.20	6029	5067	1689	2010	1689	563
5.6	0.22	6530	6348	2116	2177	2116	705
Penetración		Carga de penetración corregida, lb.			Esfuerzo corregido lb/plg. <sup>2</sup>		
(mm)	(plg.)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	450	201	67	150	67	22
1.02	0.04	935	399	133	312	133	44
1.52	0.06	1537	705	235	512	235	78
2.03	0.08	2391	1131	377	797	377	126
2.54	0.10	3243	1698	566	1081	566	189
3.05	0.12	4045	2421	807	1348	807	269
3.55	0.14	4833	3216	1072	1611	1072	357
4.06	0.16	6029	5067	1689	2010	1689	563
5.1	0.20	6530	6348	2116	2177	2116	705
5.6	0.22	6530	6348	2116	2177	2116	705

Gráfico CBR

Gráfico corregido CBR

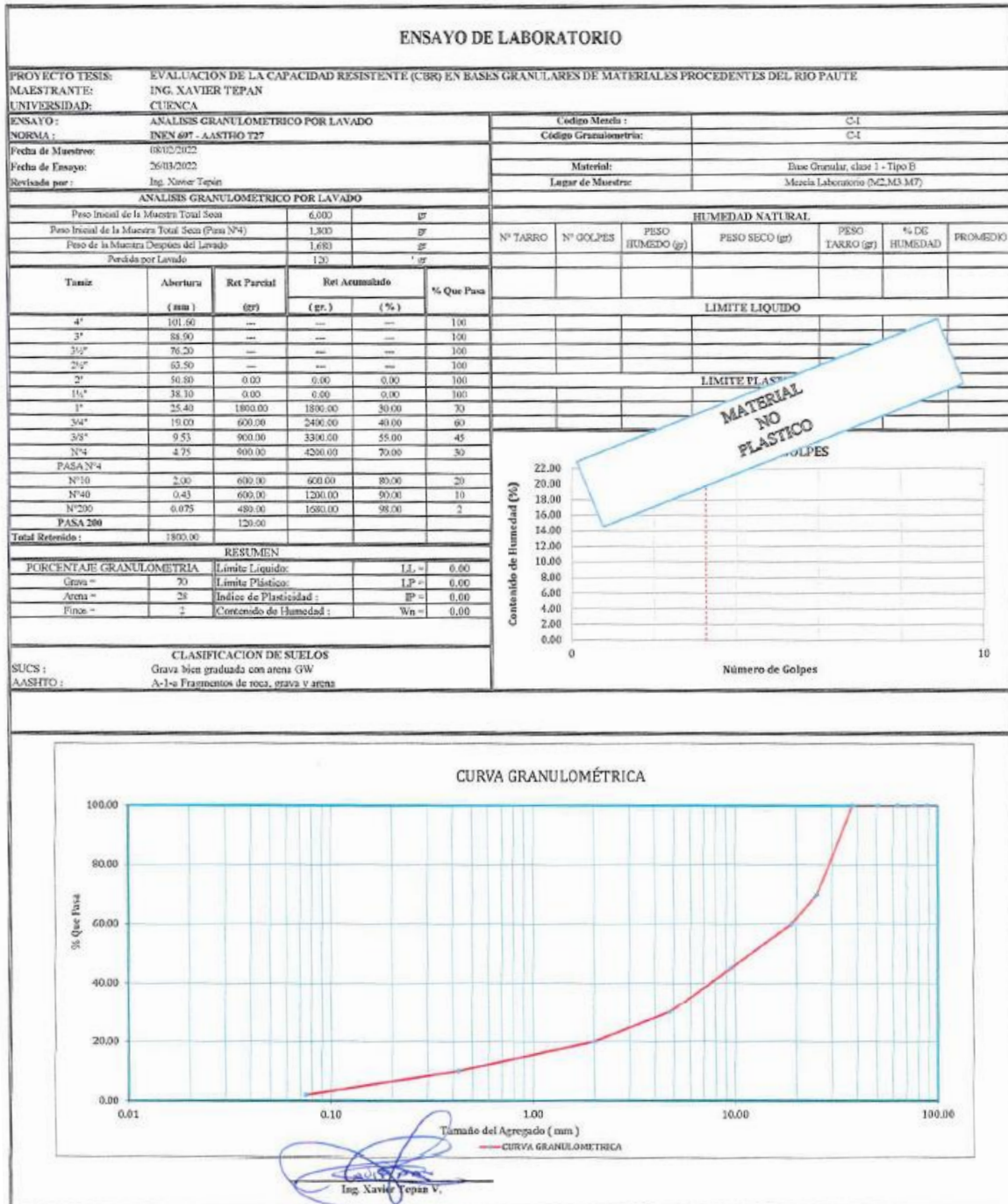
RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2,199.00	1,081.00	2,176.67	108%	145%
C2	56.00	2,174.00	566.00	2,116.00	57%	141%
C3	56.00	2,252.00	188.67	705.33	19%	47%

Densidad Seca máx: 2,160 Kg/m<sup>3</sup>  
CBR (Asumido): 57%

Ing. Xavier Tepán V.

## 8.15 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica C-I.





## ENSAYO DE LABORATORIO

**PROYECTO TESIS:** EVALUACION DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE

**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPAN

**UNIVERSIDAD:** CUENCA

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO

**NORMA:** ASTM D1557

**Fecha de Muestreo:** 08/02/2022

**Fecha de Ensayo:** 26/03/2022

**Revisado por:** Ing. Xavier Tepán

**METODO =** C **MOULDE # E** **Peso =** 5.488 Kg

**PROCTOR =** MODIFICADO **# Capas / Capa =** 5b **Volúmen =** 0.002 m<sup>3</sup>

**Diametro =** 6.023 pulg

**Código Muestra:** C-1

**Código Constituyente:** C-2

**Materia:** Base Granda, clase 1 - Tipo B

**Lugar de Muestra:** Mezcla Laboratoro (M2.M.M7)

**Curva de Compactación**


DENSIDAD DE LABORATORIO					
Molde #	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	200.00	300.00	400.00	500	600
Peso mojado (tan = Molde (Kg))	10.652	10.288	10.458	10.385	10.128
Densidad Humida (kg/m <sup>3</sup> )	2,140.65	2,250.71	2,336.42	2,295.19	2,169.47
Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )	2,072.69	2,119.46	2,190.25	2,094.90	2,065.97

PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA									
Molde #	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tubo #	5	12	2	10	15	3	19	19	19
Peso humedo + base (gr)	121.09	103.54	104.52	118.89	105.51	107.06	134.81	120.60	108.61
Peso seco + base (gr)	118.28	101.22	100.50	114.94	100.83	102.55	123.27	113.21	101.72
Peso de agua (gr)	30.22	29.99	29.83	30.05	30.20	30.24	29.91	28.69	29.84
% de Humedad	3.20	3.30	5.70	4.70	6.60	6.30	10.00	8.30	9.60
% Promedio Humedad	3.75	5.20	6.40	9.40	9.85				

**Observaciones:**

**Dens. Máxima =** 2,190 kg/m<sup>3</sup>  
**Hums. Optima =** 6.20 %

**Ing. Xavier Tepán V.**

ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. REGISTRO				
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE								
<b>MAÉSTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA								
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)								
<b>NORMA:</b> ASTM D-1883		<b>Código Mezcla :</b> C-1						
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 26/03/2022		<b>Código Granulometría:</b> C-1						
<b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán		<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M2, M3, M7)						
<b>Datos Molde</b>								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.		Numero de capas = 5				
	Molde N°	C1	Molde N°	C2	C3			
Díametro =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m			
Altura =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m			
Volumen =	0.002134 m³		0.002134 m³		0.002134 m³			
Molde	N°	C1	C2	C3				
Golpes	N°	56	56	56				
<b>ANTES DE INMERSIÓN</b>								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.784	12.780	12.602				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	4.998	5.037	5.179				
Peso suelo seco	Kg	4.712	4.725	4.849				
Densidad húmeda	Kg/m³	2.342	2.360	2.427				
Densidad Seca	Kg/m³	2.208	2.214	2.272				
HUMEDAD	Tarro N°	2	13	1	6	9	11	
	Peso húmedo + recipiente	gr	231.14	218.86	140.22	134.59	139.56	142.27
	Peso seco + recipiente	gr	220.00	207.69	133.35	128.18	132.25	135.43
	Peso de agua	gr	11.14	11.17	6.87	6.41	7.31	6.84
	Peso de recipiente	gr	29.83	29.86	30.22	30.07	29.89	29.75
	Peso seco	gr	190.17	177.83	103.13	98.11	102.36	105.68
	Contenido de agua	%	5.86	6.28	6.66	6.53	7.14	6.47
	Promedio	%	6.07		6.60		6.81	
<b>LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)</b>								
Inicial		0.000	0.000	0.000				
24 Horas		16.000	30.000	15.000				
48 Horas		25.000	42.000	22.000				
72 Horas		50.000	55.000	47.000				
96 Horas		52.000	62.000	52.000				
Expansión	%	0.45	0.53	0.45				
<b>DESPUÉS DE INMERSIÓN</b>								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.947	12.798	12.605				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	5.161	5.055	5.182				
Peso suelo seco	Kg	4.823	4.714	4.816				
Densidad húmeda	Kg/m³	2.418	2.369	2.428				
Densidad Seca	Kg/m³	2.260	2.209	2.256				
HUMEDAD	Tarro N°	2	13	10	13	19	21	
	Peso húmedo + recipiente	gr	212.25	208.25	175.43	122.01	193.24	127.16
	Peso seco + recipiente	gr	199.84	197.00	165.65	115.76	181.55	120.38
	Peso de agua	gr	12.41	11.25	9.78	6.25	11.69	6.78
	Peso de recipiente	gr	29.83	29.86	30.05	29.86	29.67	30.22
	Peso seco	gr	170.01	167.14	135.60	85.90	151.88	90.16
	Contenido de agua	%	7.30	6.73	7.21	7.28	7.70	7.52
	Promedio	%	7.02		7.24		7.61	
Observaciones:								
 Ing. Xavier Tepán V.								



ENSAYO DE LABORATORIO		C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION				
<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA						
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)		<b>Código Mezcla:</b> C-1				
<b>NORMA:</b> ASTM-D-1883		<b>Granulometría:</b> C-1				
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 26/03/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán		<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M2,M3,M7)				
<b>Molde Nº</b>	C1	C2	C3	C1	C2	C3
<b>Nº Golpes por capa</b>	56	56	56	56	56	56
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>			<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	171	231	159	57	77
1.02	0.04	586	696	464	195	232
1.52	0.06	1191	1356	920	397	452
2.03	0.08	1883	2112	1485	628	704
2.54	0.10	2547	2845	2088	849	948
3.05	0.12	3204	3592	2768	1068	1197
3.56	0.14	3742	4209	3416	1247	1403
4.06	0.16	4180	4740	4066	1393	1580
4.57	0.18	4618	5271	4715	1539	1757
5.08	0.20	5056	5802	5364	1685	1934
5.59	0.22	5494	6333	6013	1831	2111
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>			<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	171	231	159	57	77
1.02	0.04	586	696	464	195	232
1.52	0.06	1191	1356	920	397	452
2.03	0.08	1883	2112	1485	628	704
2.54	0.10	2547	2845	2088	849	948
3.05	0.12	3204	3592	2768	1068	1197
3.56	0.14	3742	4209	3416	1247	1403
4.06	0.16	4180	4740	4066	1393	1580
4.57	0.18	4618	5271	4715	1539	1757
5.08	0.20	5056	5802	5364	1685	1934
5.59	0.22	5494	6333	6013	1831	2111

**Gráfico para CBR**


**Gráfico corregido CBR**

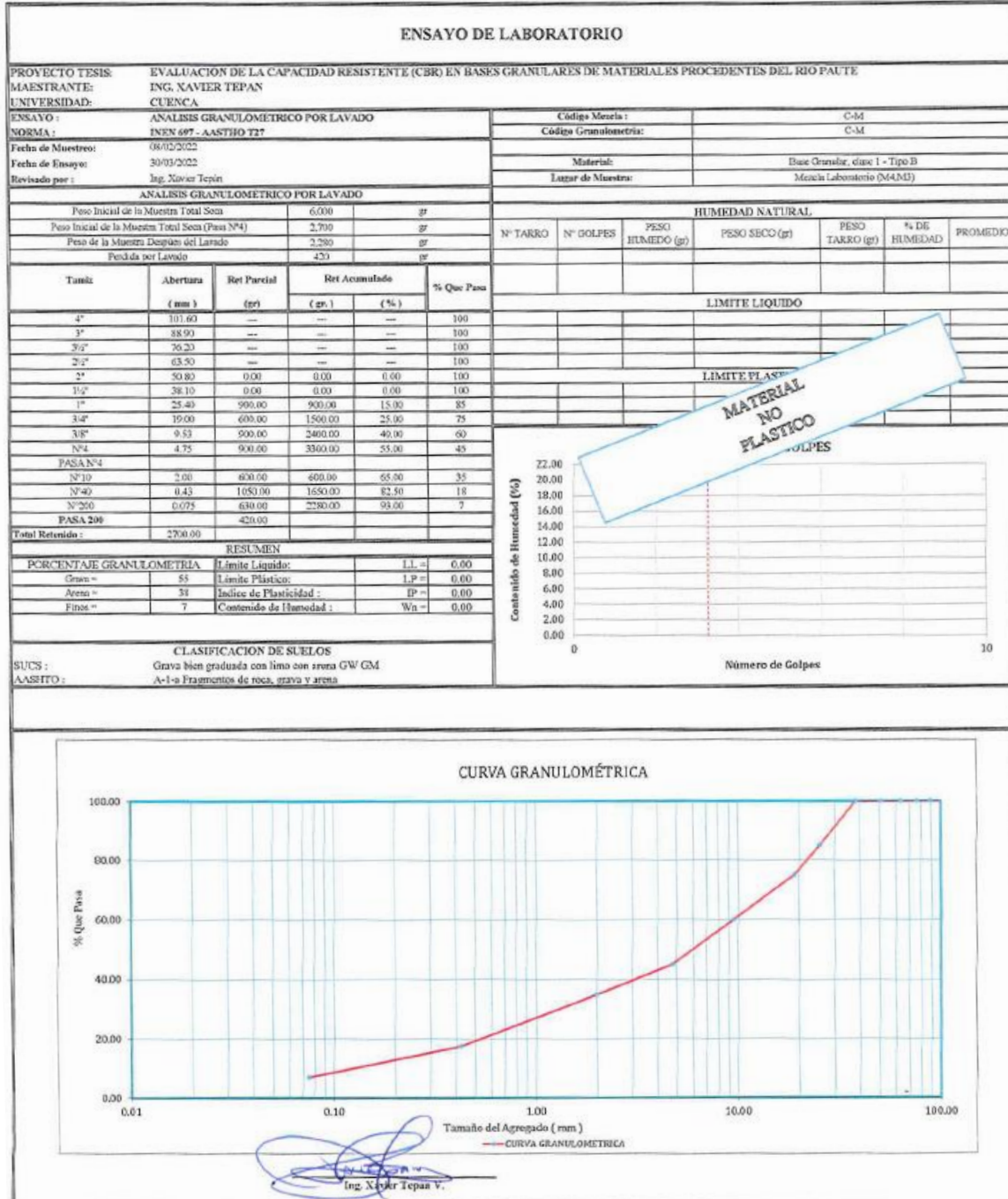
RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2.208.00	849.00	1.642.00	85%	109%
C2	56.00	2.214.00	948.33	1.889.67	95%	126%
C3	56.00	2.272.00	922.67	2.119.00	92%	141%

Densidad Seca máx:	2.190 Kg/m <sup>3</sup>
CBR (Asumido):	92%

  
**Ing. Xavier Tepán V.**

## 8.16 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica C-M.



**ENSAYO DE LABORATORIO**

---

**PROYECTO TESIS:** EVALUACION DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE  
**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPAN  
**UNIVERSIDAD:** UCUENCA

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO  
**NORMA:** ASTM D1557

**Fecha de Muestreo:** 08/02/2022  
**Fecha de Ensayo:** 30/03/2022  
**Realizado por:** Ing. Xavier Tepán

**METODO:** C  
**MOLDE #:** 1  
**4 Capas / Molde = 5**  
**MUESTRAS:** 1  
**3 Golpes / Capa = 56**  
**Peso = 5.488 Kg**  
**Volumen = 0.002 m<sup>3</sup>**  
**Diámetro = 6.023 pulg**

**Código Muestra:** C-M  
**Código Granulometría:** C-M  
**Material:** Bos Granular, clase 1 - Tipo B  
**Lugar de Muestreo:** Mezcla Laborales (M4, M3)

**Curva de Compactación**

DENSIDAD DE LABORATORIO										
Ensayo #	1	2	3	4	5					
Humedad inicial (%)	200	300	400	500	600					
Peso sólido húm + Molde (Kg)	10.168	10.293	10.462	10.348	10.316					
Densidad Humida (Kg/m <sup>3</sup> )	2.194.44	2.253.05	2.332.30	2.278.84	2.263.84					
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2.123.31	2.156.03	2.186.87	2.083.99	2.056.17					


PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA										
Ensayo #	1	2	3	4	5					
Tarea #	11	14	1	6	9	13	18	21	7	3
Peso húmedo + tarro (gr)	115.45	115.03	121.67	115.52	127.57	131.99	175.18	192.05	160.95	181.56
Peso seco + tarro (gr)	112.56	112.36	117.76	111.86	121.23	125.81	162.62	178.38	149.25	167.35
Peso de tarro (gr)	29.75	30.19	30.22	30.07	29.89	29.86	30.60	30.22	29.84	30.22
% de Humedad	3.50	3.20	4.50	4.50	6.00	6.40	9.50	9.20	9.80	10.40
% Proxímo Humedad	3.35	4.20	6.63	9.35	10.10					

**Observaciones:**

**Dens. Máxima = 2.187 kg/m<sup>3</sup>**  
**Hum. Óptima = 6.40 %**

*(Firma manuscrita)*  
**Ing. Xavier Tepán**



ENSAYO DE LABORATORIO						C.B.R. REGISTRO		
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE								
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA								
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				<b>Código Mezcla:</b> C-M				
<b>NORMA:</b> ASTM D-1883				<b>Código Granulometría:</b> C-M				
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 30/03/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granulár. clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M4,M3)				
Datos Molde								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.				Numero de capas = 5		
Dímetro =	Molde N°	CN	Molde N°	CE	plgs.	Molde N°	CI	
Altura =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000	plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	
Volumen =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606	plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	
	0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>			0.002134 m <sup>3</sup>		
Molde	N°	CN	CE	CI				
Golpes	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.740		10.896		12.783		
Peso de molde	Kg	7.768		5.918		7.786		
Peso suelo húmedo	Kg	4.972		4.978		4.997		
Peso suelo seco	Kg	4.707		4.674		4.685		
Densidad húmeda	Kg/m <sup>3</sup>	2.330.000		2.332.000		2.341.000		
Densidad Seca	Kg/m <sup>3</sup>	2.205.000		2.190.000		2.195.000		
HUMEDAD	Tarro N°	6	13	19	21	15	18	
	Peso húmedo + recipiente	gr	213.71	212.32	161.08	130.84	173.52	191.65
	Peso seco + recipiente	gr	204.22	202.28	152.87	124.82	164.50	181.68
	Peso de agua	gr	9.49	10.04	8.21	6.02	9.02	9.97
	Peso de recipiente	gr	30.07	29.86	29.67	30.22	30.24	30.60
	Peso seco	gr	174.15	172.42	123.20	94.60	134.26	151.08
	Contenido de agua	%	5.45	5.82	6.66	6.36	6.72	6.60
	Promedio	%	5.64		6.51		6.66	
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)								
Inicial		0.000		0.000		0.000		
24 Horas		12.000		10.000		25.000		
48 Horas		24.000		32.000		37.000		
72 Horas		51.000		45.000		55.000		
96 Horas		55.000		47.000		60.000		
Expansión	%	0.47		0.41		0.52		
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.705		10.905		12.795		
Peso de molde	Kg	7.768		5.918		7.786		
Peso suelo húmedo	Kg	4.937		4.987		5.009		
Peso suelo seco	Kg	4.609		4.646		4.647		
Densidad húmeda	Kg/m <sup>3</sup>	2313		2337		2347		
Densidad Seca	Kg/m <sup>3</sup>	2159		2177		2178		
HUMEDAD	Tarro N°	11	10	2	1	7	8	
	Peso húmedo + recipiente	gr	193.87	182.75	123.19	142.49	129.75	158.18
	Peso seco + recipiente	gr	183.32	172.26	116.79	134.82	122.62	148.84
	Peso de agua	gr	10.55	10.49	6.40	7.67	7.13	9.34
	Peso de recipiente	gr	29.75	30.05	29.83	30.22	29.84	30.20
	Peso seco	gr	153.57	142.21	86.96	104.60	92.78	118.64
	Contenido de agua	%	6.87	7.38	7.36	7.33	7.68	7.87
	Promedio	%	7.12		7.35		7.78	
<b>Observaciones:</b>								
 Ing. Xavier Tepán V.								



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION			
<b>PROYECTO TESIS:</b>		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE					
<b>MAESTRANTE:</b>		ING. XAVIER TEPAN					
<b>UNIVERSIDAD:</b>		CUENCA					
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)					
<b>NORMA:</b>		ASTM D-1883					
Fecha de Muestra:		08/02/2022		Código Mezcla:		C-M	
Fecha de Ensayo:		30/03/2022		Granulometría:		C-M	
Revisado por:		Ing. Xavier Tepán		Material:		Base Granular, clase 1 - Tipo B	
				Lugar de Muestra:		Mezcla Laboratorio (M4,M3)	
Molde N°	CN	CE	CI	CN	CE	CI	
N° Golpes por capa	56	56	56	56	56	56	
Penetración		Carga de penetración, lb.			Esfuerzo lb/plg. <sup>2</sup>		
(mm)	(plg.)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	76	121	112	25	40	37
1.02	0.04	257	385	372	86	128	124
1.52	0.06	622	870	883	207	290	294
2.03	0.08	1142	1484	1587	381	495	529
2.54	0.10	1748	2097	2377	583	699	792
3.05	0.12	2525	3030	3434	842	1010	1145
6.35	0.14	3185	3822	4331	1062	1274	1444
4.06	0.16	3863	4635	5253	1288	1545	1751
5.1	0.20	5003	6003	6803	1668	2001	2268
5.6	0.22	5787	6944	7870	1929	2315	2623
Penetración		Carga de penetración corregida, lb.			Esfuerzo corregido lb/plg. <sup>2</sup>		
(mm)	(plg.)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	257	385	372	86	128	124
1.02	0.04	622	870	883	207	290	294
1.52	0.06	1142	1484	1587	381	495	529
2.03	0.08	1748	2097	2377	583	699	792
2.54	0.10	2525	3030	3434	842	1010	1145
3.05	0.12	3185	3822	4331	1062	1274	1444
6.35	0.14	3863	4635	5253	1288	1545	1751
4.06	0.16	5003	6003	6803	1668	2001	2268
5.1	0.20	5787	6944	7870	1929	2315	2623
5.6	0.22	5787	6944	7870	1929	2315	2623

Gráfico CBR: Gráfico de Carga unitaria (lb/plg.<sup>2</sup>) vs Penetración (plg.). Muestra tres curvas de datos para los moldes CN, CE y CI, con líneas de tendencia que indican una relación no lineal entre la penetración y la carga unitaria.

Gráfico corregido CBR: Gráfico de Carga unitaria (lb/plg.<sup>2</sup>) vs Penetración (plg.). Muestra tres curvas de datos corregidas para los moldes CN, CE y CI, con líneas de tendencia que indican una relación más lineal entre la penetración y la carga unitaria corregida.

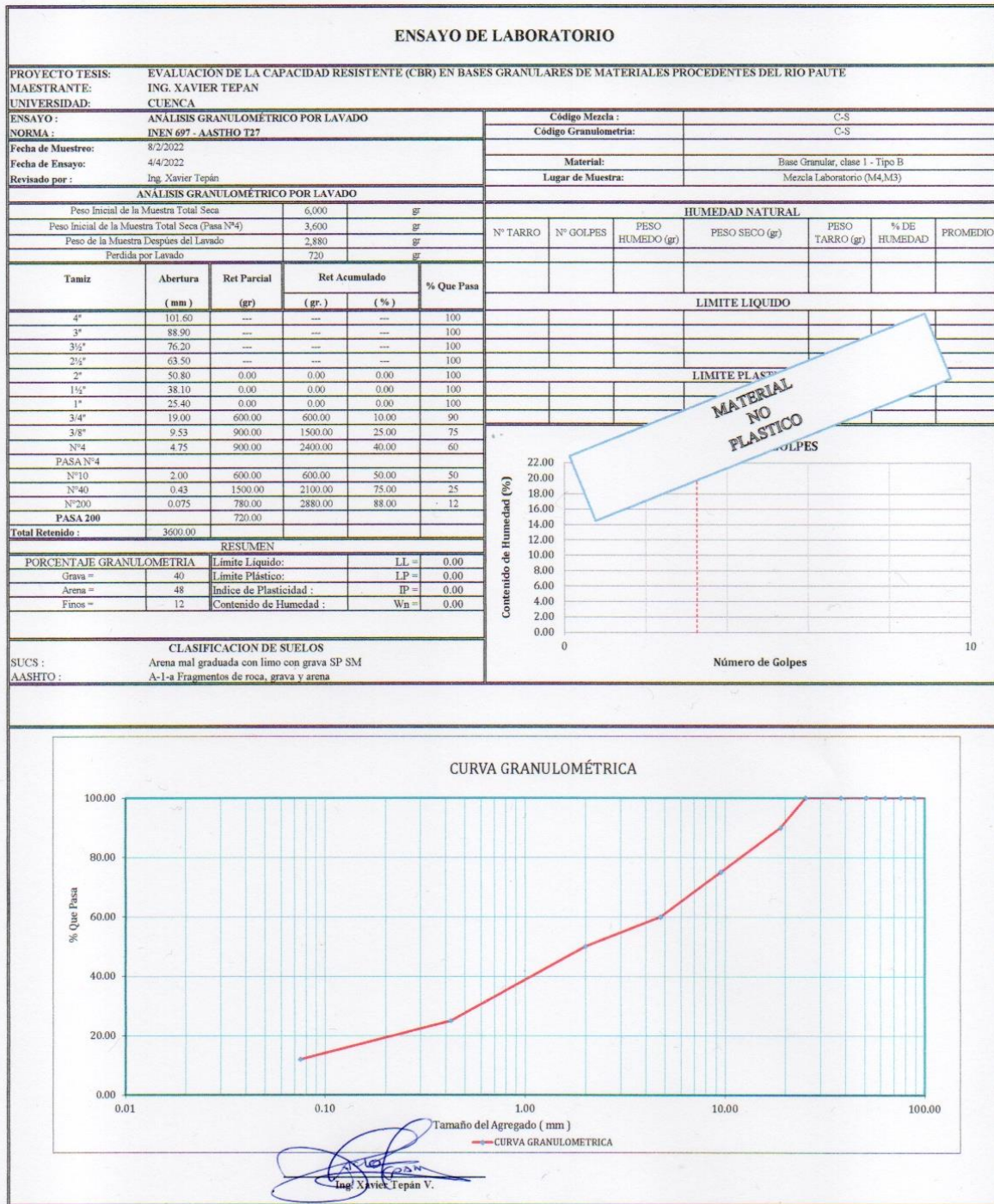
RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
CN	56.00	2,205.00	841.67	1,929.00	84.2%	129%
CE	56.00	2,190.00	1,010.00	2,314.67	101.0%	154%
CI	56.00	2,195.00	1,144.67	2,623.33	114.5%	175%

Densidad Seca máx: 2,187 Kg/m<sup>3</sup>  
CBR (Asumido): 101%

Ing. Xavier Tepán V.

## 8.17 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica C-S.





**ENSAYO DE LABORATORIO**

---

**PROYECTO TESIS:** EVALUACION DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE

**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPAN

**UNIVERSIDAD:** UCUENCA

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO

**NORMA:** ASTM D1557

**Código Mezcla:** C-S

**Código Granulometría:** C-S

**Material:** Base Granular, clase 1 - Tipo B

**Lugar de Muestra:** Mezcla Laboratorio (M4.M3)

---

**Fecha de Muestreo:** 8/2/2022

**Fecha de Ensayo:** 4/4/2022

**Revisado por:** Ing. Xavier Tepán

---

METODO =	MOLDE # E	Peso =	5.488	Kg
PROCTOR =	# Capas / Mol = 5	Volumen =	0.002	m <sup>3</sup>
	# Golpes / Capa = 56	Diametro =	6.023	pulg.

---

DENSIDAD DE LABORATORIO					
Ensayo #	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	200.00	300.00	400.00	500.00	600
Peso suelo hum + Molde (Kg)	10.123	10.273	10.384	10.375	10.360
Densidad Humeda ( Kg/m <sup>3</sup> )	2.173.34	2.243.68	2.295.72	2.291.50	2.284.47
Densidad Seca ( Kg/m <sup>3</sup> )	2.109.02	2.136.84	2.147.54	2.123.73	2.092.96

---

PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA										
Ensayo #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tarro #	4	21	18	13	15	19	4	5	12	16
Peso humedo + tarro (gr)	109.28	104.46	114.92	132.88	117.25	117.31	151.22	143.17	123.08	89.41
Peso seco + tarro (gr)	106.94	102.23	111.05	127.82	111.69	111.64	142.55	134.75	115.3	84.39
Peso de tarro (gr)	29.91	30.22	29.83	30.60	29.86	30.24	29.67	30.22	29.99	29.86
% de Humedad	3.00	3.10	4.80	5.20	6.80	7.00	7.70	8.10	9.10	9.20
% Promedio humedad	3.05									
Observaciones:	7.90									

---


**Den. Máxima =** 2.150 kg/m<sup>3</sup>

**Hum. Óptima =** 6.80 %

Nota: Tiempo de reposo 3 horas

Ing. Xavier Tepán V.

**Curva de Compactación**

ENSAYO DE LABORATORIO						C.B.R. REGISTRO		
PROYECTO TESIS:		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
MAESTRANTE:		ING. XAVIER TEPAN						
UNIVERSIDAD:		CUENCA						
ENSAYO :		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
NORMA:		ASTMD-1883		Código Mezcla :		C-S		
Fecha de Muestreo:		8/2/2022		Código Granulometría:		C-S		
Fecha de Ensayo:		4/4/2022		Material:		Base Granular, clase 1 - Tipo B		
Revisado por :		Ing. Xavier Tepán		Lugar de Muestra:		Mezcla Laboratorio (M4,M3)		
Datos Moldes								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.				Numero de capas = 5		
	Molde N°	CE	Molde N°	C1	Molde N°	C2		
Diámetro =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.		
Altura =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.		
Volumen =	0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>			
Molde	N°	CE	C1	C2				
Golpes	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde		Kg	10.889	12.736	12.694			
Peso de molde		Kg	5.918	7.786	7.743			
Peso suelo húmedo		Kg	4.971	4.950	4.951			
Peso suelo seco		Kg	4.654	4.600	4.615			
Densidad húmeda		Kg/m <sup>3</sup>	2,329.000	2,319.000	2,320.000			
Densidad Seca		Kg/m <sup>3</sup>	2,181.000	2,155.000	2,162.000			
HUMEDAD	Tarro N°	7	17	1	8	4	13	
	Peso húmedo + recipiente	gr	209.69	218.96	181.01	173.25	182.11	191.23
	Peso seco + recipiente	gr	197.90	207.29	170.05	163.43	171.29	180.79
	Peso de agua	gr	11.79	11.67	10.96	9.82	10.82	10.44
	Peso de recipiente	gr	29.84	30.11	30.22	30.20	29.91	29.86
	Peso seco	gr	168.06	177.18	139.83	133.23	141.38	150.93
	Contenido de agua	%	7.02	6.59	7.84	7.37	7.65	6.92
	Promedio	%	6.80		7.60		7.29	
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)								
Inicial			0.000	0.000	0.000			
24 Horas			10.000	17.000	22.000			
48 Horas			24.000	31.000	38.000			
72 Horas			60.000	55.000	50.000			
96 Horas			60.000	55.000	52.000			
Expansión		%	0.52	0.47	0.45			
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde		Kg	10.913	12.886	12.598			
Peso de molde		Kg	5.918	7.786	7.743			
Peso suelo húmedo		Kg	4.995	5.100	4.855			
Peso suelo seco		Kg	4.665	4.715	4.371			
Densidad húmeda		Kg/m <sup>3</sup>	2340	2390	2275			
Densidad Seca.		Kg/m <sup>3</sup>	2186	2209	2048			
HUMEDAD	Tarro N°	2	3	21	2	17	13	
	Peso húmedo + recipiente	gr	199.19	201.87	152.85	202.21	222.28	203.22
	Peso seco + recipiente	gr	188.04	190.47	143.73	189.00	203.16	185.87
	Peso de agua	gr	11.15	11.40	9.12	13.21	19.12	17.35
	Peso de recipiente	gr	29.83	29.69	30.22	29.83	30.11	29.86
	Peso seco	gr	158.21	160.78	113.51	159.17	173.05	156.01
	Contenido de agua	%	7.05	7.09	8.03	8.30	11.05	11.12
	Promedio	%	7.07		8.17		11.08	
Observaciones:								
 Ing. Xavier Tepán V.								



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION		
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA						
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) <b>NORMA:</b> ASTM D-1883				<b>Código Mezcla:</b> C-S <b>Granulometría:</b> C-S		
<b>Fecha de Muestreo:</b> 8/2/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 4/4/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M4,M3)		
<b>Molde N°</b>	<b>CE</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>CE</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
N° Golpes por capa	56	56	56	56	56	56
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>			<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	235	214	148	78	71
1.02	0.04	690	628	465	230	209
1.52	0.06	1278	1163	875	426	388
2.03	0.08	1951	1775	1343	650	592
2.54	0.10	2744	2497	1895	915	832
3.05	0.12	3669	3338	2539	1223	1113
3.65	0.14	4686	4264	3247	1562	1421
4.06	0.16	5561	5059	3856	1854	1686
5.1	0.20	7163	6516	4971	2388	2172
5.6	0.22	7611	6924	5283	2537	2308
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>			<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg.)					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	235	214	148	78	71
1.02	0.04	690	628	465	230	209
1.52	0.06	1278	1163	875	426	388
2.03	0.08	1951	1775	1343	650	592
2.54	0.10	2744	2497	1895	915	832
3.05	0.12	3669	3338	2539	1223	1113
3.65	0.14	4686	4264	3247	1562	1421
4.06	0.16	5561	5059	3856	1854	1686
5.1	0.20	7163	6516	4971	2388	2172
5.6	0.22	7611	6924	5283	2537	2308

**Gráfico CBR**

**Gráfico corregido CBR**

RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
CE	56.00	2,181.00	914.67	2,387.67	91%	159%
C1	56.00	2,155.00	832.33	2,172.00	83%	145%
C2	56.00	2,162.00	631.67	1,657.00	63%	110%

Densidad Seca máx: 2,150 Kg/m<sup>3</sup>  
 CBR (Asumido): 83%

Ing. Xavier Tepán V.

## 8.18 Resultados de laboratorio mezcla granulométrica D-I.

ENSAYO DE LABORATORIO												
PROYECTO TESIS:		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CHR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE										
MAESTRANTE:		ING. XAVIER TEPAN										
UNIVERSIDAD:		CUENCA										
ENSAYO:		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO			Código Mezcla:		D-I					
NORMA:		ENEN 697 - AASHTO T27			Código Granulometría:		D-I					
Fecha de Muestreo:		08/02/2022			Material:		Base Granular, clase I - Tipo B					
Fecha de Ensayo:		06/04/2022			Lugar de Muestra:		Mezcla Laboratoro (D46.M7)					
Revisado por:		Ing. Xavier Tepan										
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO												
Peso Inicial de la Muestra Total Seem		6,500		gr		HUMEDAD NATURAL						
Peso Inicial de la Muestra Total Seem (Pasa N#4)		1,100		gr								
Peso de la Muestra Después del Lavado		1,680		gr								
Porción por Lavado		120		gr		N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	PESO TARRO (gr)	% DE HUMEDAD	PRC MEDIO
Tamiz	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr.) (%)		% Que Pasa							
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100	LÍMITE LÍQUIDO						
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100	LÍMITE PLÁSTICO						
1"	25.40	1890.00	1890.00	30.00	70							
3/4"	19.00	600.00	2490.00	40.00	60							
3/8"	9.53	900.00	3360.00	55.00	45							
N#4	4.75	900.00	4200.00	70.00	30							
PASA N#4												
N#10	2.00	600.00	600.00	80.00	20							
N#40	0.43	600.00	1200.00	90.00	10							
N#200	0.075	480.00	1680.00	98.00	2							
PASA 200		120.00										
Total Retenido:		1800.00										
RESUMEN												
PORCENTAJE GRANULOMETRÍA		Límite Líquido:		LL =		0.00						
Grava =		70		Límite Plástico:		LP =						
Arena =		28		Índice de Plasticidad:		IP =						
Finos =		2		Contenido de Humedad:		W <sub>n</sub> =						
						0.00						
CLASIFICACION DE SUELOS												
SUCS:		Grava bien graduada con arena GW										
AASHTO:		A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena										

Contenido de Humedad (%)

Número de Golpes

### CURVA GRANULOMÉTRICA

Tamaño del Agregado (mm)

— CURVA GRANULOMETRICA

Ing. Xavier Tepan V.



## ENSAYO DE LABORATORIO

**PROYECTO TESIS:** EVALUACION DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE  
**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPAN  
**UNIVERSIDAD:** CUENCA

**ENSAJO:** PROCTOR MODIFICADO  
**NORMA:** ASTM D1557

**Código Merced:** D-1  
**Código Geomorfometría:** D-1  
**Material:** Base Granular, clase 1 - Tipo B  
**Lugar de Muestra:** Mochla Laboratorio (M6.M7)

Fecha de Muestreo: 08/02/2022  
 Fecha de Ensayo: 06/04/2022  
 Revisado por: Ing. Xavier Tepán

METODO =	C	MOLEDE # E	Peso =	5.488	Kg
PROCTOR =	MODIFICADO	# Capas / Mol = 3	Volumen =	0.092	m <sup>3</sup>
		# Golpes / Capa = 56	Diámetro =	6.023	pie


DENSIDAD DE LABORATORIO					
Molde #	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	200.00	300.00	400.00	500	600
Peso molde lleno + Muestra (Kg)	10.191	10.343	10.451	10.463	10.437
Densidad Humida (Kg/m <sup>3</sup> )	2,205.23	2,276.50	2,327.14	2,332.77	2,315.89
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2,119.39	2,167.06	2,186.14	2,152.99	2,126.78

PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA

Molde #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso V	174.16	187.95	188.57	187.78	182.40	184.75	170.41	169.76	175.49	177.68
Peso seco + tarro (gr)	168.64	181.75	181.34	179.34	172.22	175.97	158.97	159.45	163.24	164.71
Peso de tarro (gr)	29.75	30.22	29.89	30.60	29.83	30.20	29.67	29.69	30.22	30.05
% de Humedad	4.00	4.10	4.80	5.30	6.50	6.00	8.80	7.90	9.20	9.20
% Promedio humedad	4.05	5.05	6.45	8.35						

Hum. Mínima = 2.185 kg/m<sup>3</sup>  
 Hum. Optima = 6.40 %

Ing. Xavier Tepán V.

ENSAYO DE LABORATORIO						C.B.R. REGISTRO		
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE								
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA								
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				<b>Código Mezcla :</b> D-I				
<b>NORMA:</b> ASTM-D-1883				<b>Código Granulometría:</b> D-I				
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 06/04/2022 <b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M6.M7)				
Datos Molde								
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.				Numero de capas = 5		
	Molde N°	C1	Molde N°	C2	Molde N°	C3		
Diámetro =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.		
Altura =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.		
Volumen =	0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>			
Molde	N°	C1	C2	C3				
Golpes	N°	56	56	56				
ANTES DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.773	12.755	12.453				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	4.987	5.012	5.030				
Peso suelo seco	Kg	4.692	4.759	4.702				
Densidad húmeda	Kg/m <sup>3</sup>	2.337	2.348	2.357				
Densidad Seca	Kg/m <sup>3</sup>	2.198	2.230	2.203				
HUMEDAD	Tarro N°	18	13	7	4	15	14	
	Peso húmedo + recipiente	gr	192.07	142.52	186.98	203.56	131.46	160.37
	Peso seco + recipiente	gr	182.26	136.04	179.28	194.54	124.71	152.05
	Peso de agua	gr	9.81	6.48	7.70	9.02	6.75	8.32
	Peso de recipiente	gr	30.60	29.86	29.84	29.91	30.24	30.19
	Peso seco	gr	151.66	106.18	149.44	164.63	94.47	121.86
	Contenido de agua	%	6.47	6.10	5.15	5.48	7.15	6.83
	Promedio	%	6.29		5.32		6.99	
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)								
Inicial		0.000	0.000	0.000				
24 Horas		20.000	15.000	10.000				
48 Horas		36.000	24.000	30.000				
72 Horas		40.000	35.000	50.000				
96 Horas		45.000	50.000	52.000				
Expansión	%	0.39	0.43	0.45				
DESPUÉS DE INMERSIÓN								
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.797	12.835	12.483				
Peso de molde	Kg	7.786	7.743	7.423				
Peso suelo húmedo	Kg	5.011	5.092	5.060				
Peso suelo seco	Kg	4.665	4.783	4.672				
Densidad húmeda	Kg/m <sup>3</sup>	2.348	2.386	2.371				
Densidad Seca	Kg/m <sup>3</sup>	2.186	2.241	2.189				
HUMEDAD	Tarro N°	1	21	6	16	11	5	
	Peso húmedo + recipiente	gr	138.00	129.13	165.55	183.72	206.30	158.46
	Peso seco + recipiente	gr	130.49	122.35	157.47	174.21	192.83	148.58
	Peso de agua	gr	7.51	6.78	8.08	9.51	13.47	9.88
	Peso de recipiente	gr	30.22	30.22	30.07	29.86	29.75	30.22
	Peso seco	gr	100.27	92.13	127.40	144.35	163.08	118.36
	Contenido de agua	%	7.49	7.36	6.34	6.59	8.26	8.33
	Promedio	%	7.42		6.47		8.30	
Observaciones:								
 Ing. Xavier Tepán V.								



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION			
<b>PROYECTO</b>		EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES					
<b>TESIS:</b>		PROCEDENTES DEL RIO PAUTE					
<b>MAESTRANTE:</b>		ING. XAVIER TEPAN					
<b>UNIVERSIDAD:</b>		CUENCA					
<b>ENSAYO:</b>		CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				Código Mezcla :	
<b>NORMA:</b>		ASTMD-1883				D-1	
Fecha de Muestreo:		08/02/2022				Granulometría:	
Fecha de Ensayo:		06/04/2022				D-1	
Revisado por :		Ing. Xavier Tepán				Material:	
						Base Granular, clase I - Tipo B	
						Lugar de Muestra:	
						Mezcla Laboratorio (M6.M7)	
<b>Molde N°</b>		C1		C2		C3	
<b>N° Golpes por capa</b>		56		56		56	
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>				<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	212	218	118	71	73	39
1.02	0.04	670	698	374	223	233	125
1.52	0.06	1450	1537	811	483	512	270
2.03	0.08	2246	2421	1258	749	807	419
2.54	0.10	2962	3248	1662	987	1083	554
3.05	0.12	3663	4089	2060	1221	1363	687
3.55	0.14	4200	4773	2367	1400	1591	789
4.06	0.16	4876	5644	2754	1625	1881	918
5.1	0.20	5967	7173	3385	1989	2391	1128
5.6	0.22	6020	7378	3423	2007	2459	1141
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>				<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>	
(mm)	(plg)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	212	218	374	71	73	125
1.02	0.04	670	698	811	223	233	270
1.52	0.06	1450	1537	1258	483	512	419
2.03	0.08	2246	2421	1662	749	807	554
2.54	0.10	2962	3248	2060	987	1083	687
3.05	0.12	3663	4089	2367	1221	1363	789
3.55	0.14	4200	4773	2754	1400	1591	918
4.06	0.16	4876	5644	3385	1625	1881	1128
5.1	0.20	5967	7173	3385	1989	2391	1128
5.6	0.22	6020	7378	3423	2007	2459	1141

**Gráfico para CBR**

**Gráfico corregido CBR**

RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2,198.00	987.33	1,989.00	99%	133%
C2	56.00	2,230.00	1,082.67	2,391.00	108%	159%
C3	56.00	2,203.00	686.67	1,128.33	69%	75%

Densidad Seca mín: 2,185 Kg/m<sup>3</sup>

CBR (Asumido): 99%

Ing. Xavier Tepán V.



**ENSAYO DE LABORATORIO**

---

**PROYECTO TESIS:** EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE

**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPÁN

**UNIVERSIDAD:** UCUENCA

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO

**NORMA:** ASTM D1557

**Código Mezcla:** D-M

**Código Granulométrico:** D-M

**Materia:** Base Granular, clase 1 - Tipo B

**Lugar de Muestra:** Mezcla Laboratorio (M1, M4, M6)

---

**Fecha de Inicio:** 08/02/2022

**Fecha de Ensayo:** 09/04/2022

**Realizado por:** Ing. Xavier Tepán

---

MÉTODO =	C	MOLDE # E	Peso =	5.488	Kg
MODIFICADO =		# Capas / M6 = 5	Volumen =	0.002	m <sup>3</sup>
		# Golpes / Capa = 26	Diámetro =	6.023	pulg

---

Ensayo #	DENSIDAD DE LABORATORIO				
	1	2	3	4	5
Humedad Inicial (%)	200	300	400	500	600
Peso suelo húm + Molde (Kg)	10.056	10.171	10.349	10.340	10.280
Densidad Húmeda (Kg/m <sup>3</sup> )	2.141.93	2.195.83	2.279.31	2.275.09	2.246.96
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2.065.50	2.098.28	2.141.21	2.101.70	2.038.06


---

Ensayo #	PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tarro #	16	4	13	10	3	21	2			
Peso húmedo + tarro (gr)	128.30	107.80	116.16	112.50	135.21	100.37	139.99	148.23	148.31	129.30
Peso seco + tarro (gr)	124.05	106.83	112.24	108.90	129.03	95.90	131.48	139.32	137.28	120.11
Peso de tarro (gr)	29.86	29.91	29.86	29.67	30.22	29.89	30.07	29.69	30.22	29.83
% de Humedad	3.50	3.90	4.80	4.50	6.39	6.60	8.40	8.10	10.30	10.20
% Promedio humedad	3.70		4.65		6.45		8.25			

---

**Hum. Máxima =** 2.150 kg/m<sup>3</sup>

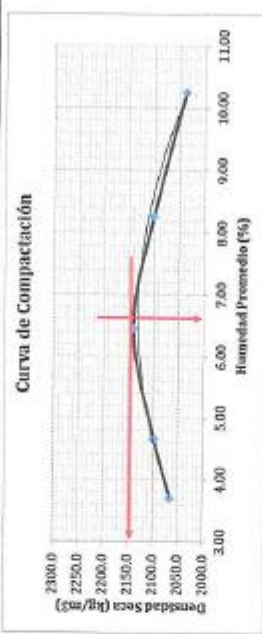
**Hum. Óptima =** 6.60 %



Ing. Xavier Tepán V.

---


**Curva de Compactación**



Densidad Seca (kg/m<sup>3</sup>)

Humedad Promedio (%)



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. REGISTRO			
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE							
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA							
<b>ENSAYO :</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)							
<b>NORMA:</b> ASTM-D-1883			<b>Código Mezcla :</b> D-M				
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 09/04/2022 <b>Revisado por :</b> Ing. Xavier Tepán			<b>Código Granulometría:</b> D-M				
			<b>Material:</b> Base Granular, clase I - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M1,M4,M6)				
<b>Datos Molde</b>							
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.		Numero de capas = 5			
	Molde N°	C1	Molde N°	C2	C3		
Diámetro =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m		
Altura =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m		
Volumen =	0.002134 m³		0.002134 m³		0.002134 m³		
Molde	N°	C1	C2	C3			
Golpes	N°	56	56	56			
<b>ANTES DE INMERSIÓN</b>							
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.610			12.575		
Peso de molde	Kg	7.786			7.423		
Peso suelo húmedo	Kg	4.824			5.152		
Peso suelo seco	Kg	4.522			4.884		
Densidad húmeda	Kg/m³	2.260.000		2.341.000	2.414.000		
Densidad Seca	Kg/m³	2.119.000		2.189.000	2.288.000		
HUMEDAD	Tarro N°	21	17	13	12	14	
	Peso húmedo + recipiente	gr	155.56	123.15	161.00	189.20	187.83
	Peso seco + recipiente	gr	147.31	117.61	152.68	178.54	179.27
	Peso de agua	gr	8.25	5.54	8.32	10.66	8.56
	Peso de recipiente	gr	30.22	30.11	29.86	29.86	29.99
	Peso seco	gr	117.09	87.50	122.82	148.68	149.28
	Contenido de agua	%	7.05	6.33	6.77	7.17	5.73
	Promedio	%	6.69		6.97		5.48
<b>LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)</b>							
Inicial		0.000		0.000		0.000	
24 Horas		16.000		13.000		30.000	
48 Horas		25.000		30.000		40.000	
72 Horas		45.000		52.000		45.000	
96 Horas		48.000		55.000		50.000	
Expansión	%	0.41		0.47		0.43	
<b>DESPUÉS DE INMERSIÓN</b>							
Peso suelo húmedo + molde	Kg	12.640			12.757	12.617	
Peso de molde	Kg	7.786			7.743	7.423	
Peso suelo húmedo	Kg	4.854			5.014	5.194	
Peso suelo seco	Kg	4.517			4.667	4.819	
Densidad húmeda	Kg/m³	2274			2349	2434	
Densidad Seca	Kg/m³	2117			2187	2258	
HUMEDAD	Tarro N°	1	4	3	15	7	
	Peso húmedo + recipiente	gr	200.17	150.54	160.29	153.42	129.75
	Peso seco + recipiente	gr	188.53	142.06	151.33	144.80	122.62
	Peso de agua	gr	11.64	8.48	8.96	8.62	7.13
	Peso de recipiente	gr	30.22	29.91	29.69	30.24	29.84
	Peso seco	gr	158.31	112.15	121.64	114.56	92.78
	Contenido de agua	%	7.35	7.56	7.37	7.52	7.68
	Promedio	%	7.46		7.45		7.78
Observaciones:							
 Ing. Xavier Tepán V.							



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION		
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE						
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA						
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) <b>NORMA:</b> ASTM D-1883				<b>Código Mezcla:</b> D-M <b>Granulometría:</b> D-M		
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 09/04/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M1,M4,M6)		
<b>Molde Nº</b>	C1		C2		C3	
<b>Nº Golpes por capa</b>	56		56		56	
<b>Penetración (mm)</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>			<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	155	190	321	52	63
1.02	0.04	584	369	772	195	123
1.52	0.06	1230	601	1400	410	200
2.03	0.08	2020	911	2206	673	304
2.54	0.10	2800	1305	3174	933	435
3.05	0.12	3523	1786	4115	1174	595
3.55	0.14	4311	2306	5072	1437	769
4.06	0.16	5112	2920	6019	1704	973
5.1	0.20	6453	4361	7421	2151	1454
5.6	0.22	6645	5312	7906	2215	1771
<b>Penetración (mm)</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>			<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>	
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.51	0.02	155	190	321	52	63
1.02	0.04	584	369	772	195	123
1.52	0.06	1230	601	1400	410	200
2.03	0.08	2020	911	2206	673	304
2.54	0.10	2800	1305	3174	933	435
3.05	0.12	3523	1786	4115	1174	595
3.55	0.14	4311	2306	5072	1437	769
4.06	0.16	5112	2920	6019	1704	973
5.1	0.20	6453	4361	7421	2151	1454
5.6	0.22	6645	5312	7906	2215	1771

**Gráfico CBR**


**Gráfico corregido CBR**

RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2,119.00	933.33	2,151.00	93.3%	143%
C2	56.00	2,189.00	435.00	1,453.67	43.5%	97%
C3	56.00	2,288.00	1,058.00	2,473.67	105.8%	165%

Densidad Seca máx: 2,150 Kg/m<sup>3</sup>  
 CBR (Assumido): 44%

  
 Ing. Xavier Tepán V.



**ENSAYO DE LABORATORIO**

---

**PROYECTO TESIS:** EVALUACION DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASIS GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE  
**MAESTRANTE:** ING. XAVIER TEPAN  
**UNIVERSIDAD:** CUENCA

---

**ENSAYO:** PROCTOR MODIFICADO  
**NORMA:** ASTM D1557

**Fecha de Muestra:** 08/02/2022  
**Fecha de Ensayo:** 12/04/2022  
**Recibe por:** Ing. Xavier Tepán

---

C	MOLDE # F	Peso =	5.488	Kg
MODIFICADO	# Capas / Mol = 5	Volumen =	0.002	m <sup>3</sup>
	# Golpes / Capa = 56	Diámetro =	6.023	milg

---

Código Merca : D.S  
 Código Geomatemática: D.S  
 Material: Base Granular, clase 1 - Tipo B  
 Lugar de Muestrear: Marcha Laboratoro (M.L.M.A.86)

**Curva de Compactación**

---

DENSIDAD DE LABORATORIO					
Ensayo #	1	2	3	4	5
Humedad inicial (%)	200.00	300.00	400.00	500.00	600
Peso suelo húm + Molde (Kg)	10.056	10.212	10.354	10.387	10.380
Densidad Humida (Kg/m <sup>3</sup> )	2.160.68	2.215.07	2.281.66	2.297.13	2.293.85
Densidad Seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2.092.67	2.108.59	2.137.38	2.121.08	2.084.37


---

PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA										
Ensayo #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso húmedo + tarso (gr)	104.21	85.86	92.68	109.34	141.08	126.68	118.81	143.98	123.68	80.41
Peso seco + tarso (gr)	101.65	84.29	89.50	105.77	134.05	120.61	112.26	134.99	114.46	84.03
% de Humedad	2.60	2.90	5.40	4.70	6.80	6.70	8.00	6.70	8.00	9.90
% Promedio humedad	3.25									
Observaciones:	3.25									

---

Den. Máxima = 2.140 kg/m <sup>3</sup> Hum. Óptima = 7.00 %	Nota: Tiempo de reposo 3 horas Ing. Xavier Tepán
---	---



ENSAYO DE LABORATORIO						C.B.R. REGISTRO	
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE							
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA							
<b>ENSAYO 1:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)							
<b>NORMA:</b> ASTM D-1583				<b>Código Mezcla:</b> D-S			
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 12/04/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Código Granulometría:</b> D-S			
				<b>Materiales:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B			
				<b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M1,M4,M6)			
Datos Molde							
Peso del martillo = 10 Lbs		Altura caída del martillo = 18 plgs.				Número de capas = 5	
<b>Diámetro =</b>	<b>Molde N°</b>	<b>C1</b>	<b>Molde N°</b>	<b>C2</b>	<b>Molde N°</b>	<b>CE</b>	
Altura =	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	0.1524 m	6.000 plgs.	
Volumen =	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	0.1170 m	4.606 plgs.	
	0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>		0.002134 m <sup>3</sup>		
<b>Molde</b>		<b>N°</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>CE</b>		
<b>Golpes</b>		<b>N°</b>	56	56	56		
ANTES DE INMERSIÓN							
Peso suelo húmedo + molde		Kg	12.810	12.790	10.947		
Peso de molde		Kg	7.786	7.743	5.918		
Peso suelo húmedo		Kg	5.024	5.047	5.029		
Peso suelo seco		Kg	4.686	4.715	4.717		
Densidad húmeda		Kg/m <sup>3</sup>	2.354.000	2.365.000	2.356.000		
Densidad Seca		Kg/m <sup>3</sup>	2.195.000	2.209.000	2.210.000		
<b>HUMEDAD</b>	Tarro N°		5	4	19	14	18
	Peso húmedo + recipiente	gr	175.45	187.20	130.23	161.60	194.82
	Peso seco + recipiente	gr	165.76	176.50	123.80	152.71	184.90
	Peso de agua	gr	9.69	10.70	6.43	8.89	9.92
	Peso de recipiente	gr	30.22	29.91	29.67	30.19	29.86
	Peso seco	gr	135.54	146.59	94.13	122.52	155.04
	Contenido de agua	%	7.15	7.30	6.83	7.26	6.40
	Promedio	%	7.22		7.04		6.60
LECTURAS DE HINCHAMIENTO (0.01mm)							
Inicial			0.000	0.000	0.000		
24 Horas			15.000	20.000	30.000		
48 Horas			26.000	28.000	40.000		
72 Horas			52.000	54.000	50.000		
96 Horas			55.000	62.000	50.000		
Expansión		%	0.47	0.53	0.43		
DESPUÉS DE INMERSIÓN							
Peso suelo húmedo + molde		Kg	12.823	12.805	10.978		
Peso de molde		Kg	7.786	7.743	5.918		
Peso suelo húmedo		Kg	5.037	5.062	5.060		
Peso suelo seco		Kg	4.685	4.673	4.711		
Densidad húmeda		Kg/m <sup>3</sup>	2360	2372	2371		
Densidad Seca		Kg/m <sup>3</sup>	2195	2189	2207		
<b>HUMEDAD</b>	Tarro N°		1	2	11	9	13
	Peso húmedo + recipiente	gr	139.42	155.45	150.98	125.10	142.27
	Peso seco + recipiente	gr	131.90	146.53	141.57	117.84	134.36
	Peso de agua	gr	7.52	8.92	9.41	7.26	7.91
	Peso de recipiente	gr	30.22	29.83	29.75	29.89	29.86
	Peso seco	gr	101.68	116.70	111.82	87.95	104.50
	Contenido de agua	%	7.40	7.64	8.42	8.25	7.57
	Promedio	%	7.52		8.34		7.42
<b>Observaciones:</b>							
 Ing. Xavier Tepán							



ENSAYO DE LABORATORIO				C.B.R. CARGA UNITARIA - PENETRACION			
<b>PROYECTO TESIS:</b> EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE (CBR) EN BASES GRANULARES DE MATERIALES PROCEDENTES DEL RIO PAUTE							
<b>MAESTRANTE:</b> ING. XAVIER TEPAN <b>UNIVERSIDAD:</b> CUENCA							
<b>ENSAYO:</b> CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) <b>NORMA:</b> ASTM-D-1883				<b>Código Mezcla:</b> D-S <b>Granulometría:</b> D-S			
<b>Fecha de Muestreo:</b> 08/02/2022 <b>Fecha de Ensayo:</b> 12/04/2022 <b>Revisado por:</b> Ing. Xavier Tepán				<b>Material:</b> Base Granular, clase 1 - Tipo B <b>Lugar de Muestra:</b> Mezcla Laboratorio (M1, M4, M6)			
<b>Molde Nº</b>	C1		C2	CE	C1	C2	CE
<b>Nº Golpes por capa</b>	56		56	56	56	56	56
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración, lb.</b>			<b>Esfuerzo lb/plg.<sup>2</sup></b>		
(mm)	(plg.)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	75	139	192	25	46	64
1.02	0.04	233	463	708	78	154	236
1.52	0.06	510	981	1473	170	327	491
2.03	0.08	920	1670	2394	307	557	798
2.54	0.10	1473	2492	3302	491	831	1101
3.05	0.12	2203	3455	4168	734	1152	1389
6.35	0.14	3158	4640	5123	1053	1547	1708
4.06	0.16	4052	5827	6003	1351	1942	2001
5.1	0.20	5705	8036	7280	1902	2679	2427
5.6	0.22	6758	8043	7409	2253	2681	2470
<b>Penetración</b>		<b>Carga de penetración corregida, lb.</b>			<b>Esfuerzo corregido lb/plg.<sup>2</sup></b>		
(mm)	(plg.)						
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0
0.51	0.02	75	139	192	25	46	64
1.02	0.04	233	463	708	78	154	236
1.52	0.06	510	981	1473	170	327	491
2.03	0.08	920	1670	2394	307	557	798
2.54	0.10	1473	2492	3302	491	831	1101
3.05	0.12	2203	3455	4168	734	1152	1389
6.35	0.14	3158	4640	5123	1053	1547	1708
4.06	0.16	4052	5827	6003	1351	1942	2001
5.1	0.20	5705	8036	7280	1902	2679	2427
5.6	0.22	6758	8043	7409	2253	2681	2470

**Gráfico CBR**

**Gráfico corregido CBR**

RESUMEN						
MOLDE	N. Golpes	D. Seca, Kg/m <sup>3</sup>	Carga (0.1plg.), lb	Carga (0.2plg.), lb	CBR (0.1plg.)	CBR (0.2plg.)
C1	56.00	2,195.00	491.00	1,901.67	49%	127%
C2	56.00	2,209.00	830.67	2,678.67	83%	179%
CE	56.00	2,210.00	1,100.67	2,426.67	110%	162%

Densidad Seca máx: 2,140 Kg/m<sup>3</sup>  
 CBR (Asumido): 83%

Ing. Xavier Tepán V.