

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Estudio Comparativo del Afirmado de las Canteras Pampa  
Colorada y la Sorpresa-Chimbote 2020**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor**

Domínguez Dávalos, Yudith Diana

**Asesor**

Urrutia Vargas, Segundo Milquisider

Código ORCID: 0000-0003-4415-0484

**Chimbote-Perú**

**2020**

**PALABRAS CLAVE:**

<b>Tema</b>	Afirmado de cantera
<b>Especialidad</b>	Materiales de construcción

**KEY WORDS:**

<b>Topic</b>	Affirmed from quarry
<b>Specialization</b>	Construction materials

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

<b>Línea de investigación</b>	Construcción y gestión de la construcción
<b>Área</b>	Ingeniería, tecnología
<b>Sub área</b>	Ingeniería civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería civil

## **TÍTULO**

**Estudio comparativo del afirmado de las canteras pampa colorada y la  
sorpresa-Chimbote 2020**

## **RESUMEN**

De acuerdo al objetivo principal de esta investigación se analizó y se comparó las propiedades mecánica, física y química del afirmado de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote, bajo el enfoque de una productividad de calidad.

Para el desarrollo de proyectos de investigación, se necesitó ser evaluado en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Universidad San Pedro, las características de cada muestra de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa, para luego realizar el análisis correspondiente, y confirmar cuál de ellas presenta mejores características en lo que corresponde en sus propiedades físicas, mecánicas y químicas y poder utilizarlos en los diferentes procesos constructivos de las vías y que vaya en beneficio en el desarrollo de nuestra región y del país. Se evaluó, analizó y se comparó los ensayos recopilados que cumplan con las normas MTC, ASTM y NPT.

Finalmente se obtuvieron los resultados del afirmado de las dos canteras, presentando mejores propiedades físicas y mecánicas la cantera la Sorpresa, sobretodo en la resistencia al soporte que es de 80.10%, cumpliendo como material bueno para emplearse en base de los pavimentos y la Cantera Pampa Colorada cumpliendo los parámetros normativos como material a emplearse en la sub base de los pavimentos.

## **ABSTRAC**

According to the main objective of this research, the mechanical, physical and chemical properties of the affirmed quarries of the Pampa colorada and the Sorpresa quarries in the city of Chimbote were analyzed and compared, under the focus of quality productivity.

For the development of research projects, the characteristics of each sample from the Pampa Colorada and the Sorpresa quarries need to be evaluated in the Soil Mechanics laboratory, Universidad de San Pedro, to then perform the corresponding analysis, and confirm which of They present better characteristics in what corresponds to their physical, mechanical and chemical properties and to be able to use them in the different construction processes of the roads and that is beneficial in the development of our region and the country. It was evaluated, analyzed and compared collected tests that comply with MTC, ASTM and NPT standards.

Finally, the results of the affirmation of the two quarries were obtained, with the surprise quarry presenting better physical and mechanical properties, especially in the resistance to the support that is 80.10%, fulfilling as a good material to be used on the base of the pavements and the pampa quarry colored complying with the normative parameters as a material to be used in the sub-base of the pavements.

## Índice General

Palabras clave .....	i
Título .....	ii
Resumen .....	iii
Abstract .....	iv
Índice .....	v
Introducción .....	1
Metodología .....	13
Resultados .....	15
Análisis y discusión .....	34
Conclusiones .....	44
Recomendaciones .....	45
Referencias bibliográficas .....	46
Anexos .....	49

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Parámetros granulométricos de afirmado .....	08
<b>Tabla 2.</b> Descripción de evaluación .....	14
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de afirmado .....	28

## Índice Figuras

<b>Figura 01.</b> Excavación de cantera por banqueo .....	03
<b>Figura02.</b> Cantera Pampa Colorada .....	15
<b>Figura03.</b> Vista panorámica de la cantera Pampa Colorada .....	16
<b>Figura 04.</b> Ubicación de la cantera la Sorpresa .....	17
<b>Figura 05.</b> Área perimetral de la cantera la sorpresa .....	18
<b>Figura 06.</b> Clasificación de suelos método AASHTO .....	21
<b>Figura 07.</b> Clasificación de suelos método S.U.C.S .....	22
<b>Figura 08.</b> Parámetros de índice de plasticidad. S.U.C.S .....	26
<b>Figura 09.</b> Parámetros de CBR de los suelos .....	33
<b>Figura 10.</b> Grava limosa, mezcla de grava y limo.G.M .....	34
<b>Figura 11.</b> Grava bien graduada con limo con arena GW GM .....	34
<b>Figura 12.</b> Se observa en la figura que la cantera pampa Colorada tiene más humedad que la cantera la Sorpresa .....	35
<b>Figura 13.</b> Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene mayor desgaste que la cantera la Sorpresa .....	35
<b>Figura 14.</b> Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene menor equivalente que la cantera la sorpresa .....	36
<b>Figura 15.</b> Se observa en la figura que la cantera pampa Colorada tiene menor contenido óptimo de humedad que la cantera la Sorpresa .....	36
<b>Figura 16.</b> Se observa en la figura que la cantera pampa Colorada tiene menor densidad que la cantera la Sorpresa .....	37
<b>Figura 17.</b> Se observa en la figura que la cantera pampa Colorada tiene CBR-95% menor que la cantera la Sorpresa .....	37

<b>Figura 18.</b> Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene CBR-100% menor que la cantera la Sorpresa.....	38
<b>Figura 19:</b> De acuerdo a los Parámetros de índice de plasticidad. S.U.C. ....	40
<b>Figura 20:</b> gradación de agregado grueso .....	41
<b>Figura 21.</b> vista panorámica del afirmado .....	52
<b>Figura 22.</b> visualizando los extractos del afirmado .....	52
<b>Figura 23.</b> Clasificación del afirmado .....	53
<b>Figura 24.</b> Revisando manualmente el afirmado .....	53
<b>Figura 25.</b> Seleccionando el afirmado para ser trasladado al laboratorio de mecánica de suelos de la USP para los ensayos correspondientes .....	54
<b>Figura 26.</b> Trasladando el material al laboratorio de la USP .....	54
<b>Figura 27.</b> Realizando el análisis granulométrico del afirmado .....	55
<b>Figura 28.</b> Seleccionando la muestra para proctor y CBR .....	55
<b>Figura 29.</b> Agregando la humedad para el proctor modificado del afirmado....	56
<b>Figura 30.</b> Realizando el proctor modificado .....	56
<b>Figura 31.</b> Listos para empezar el ensayo de CBR .....	57
<b>Figura 32.</b> Dejando las muestras saturar en agua por 4 días .....	57

## INTRODUCCION

### **Antecedentes y justificación científica.**

**Herrera, C. (2016)**, su tesis en "Mina" titulada "Diseño del sistema operativo de material de construcción existente para la cantera ubicada en la parroquia de Cangahua, Cantón Cayambe en Pichincha."

Tuvo como objetivo diseñar el sistema operativo de material de construcción existente para la cantera, se ubica la segunda mina, en la parroquia de Cangahua, estado Cayambe, Provincia de Pichincha, concluyó que la cantera Cangahua-Oyacachi contenía materiales de roca volcánica que podrían ser utilizados para carreteras y concreto.

**Esquivel, J. (2016)**, en su trabajo titulado "Mejorando el Diseño de Tramos Viales Vecindarios": Región Chulite-Rayambara-La Soledad, distritos de Quiruvilca y Santiago de Chuco, provincia Santiago de Chuco-La Libertad Perú, cuyo propósito es desarrollar a través de los proyectos de mejora de carreteras en esta área comienzan con los estándares establecidos por la MTC.

Para encontrar alguna solución a las malas condiciones de tráfico en las zonas más impactadas.

Como método se utilizan algunas tecnologías de investigación, tales como: levantamiento topográfico, diseño geométrico, mecánica de calzada, estos métodos pueden hacer una línea óptima en cuanto al recorrido horizontal y vertical de la vía en estudio, el impacto ambiental y la calidad de los materiales utilizados, para su diseño. Además del diseño geométrico, también lleva una carpeta tipo asfalto, que es de 5 cm en caliente. Estas actividades son posibles, se pueden aplicar diversos tipos de conocimientos de ingeniería y de acuerdo con las normativas nacionales que aún se encuentran vigentes en el MTC, en base a parámetros de diseño estipulados en el amplio Manual de Carreteras y Diseño geométrico del MTC, así también estudio de suelos, el diseño geométrico, e impacto también medio ambiental, así como los costos y los presupuestos que ayudaran a solucionar problemas y limitaciones a los que se enfrentan los habitantes en ruta y así el mejorar por sobre todo su propio estilo de vida. (p.28).

**Marón, C. (2015)** en su trabajo de investigación titulada Evaluación Geológica y Geotécnica de la Carretera Llache- Cala Cala - Progresivas 00+00 Al 17+640 - Pedro Vilcapaza - Puno – Perú, tuvo como objetivo el conocer la importancia del estudio geológico y geotécnico de carreteras y la utilización de materiales básicos así como los mantenimientos respectivos que se deben de tener, con el fin de determinar la correcta conservación de la vía, a su vez se aborda también las descripciones del uso de Gestión de Mantenimiento (GEMA), y de los instructivos de Provias para el mantenimiento vial rutinario de carreteras, para el mayor desarrollo de las comunidades donde los más beneficiados serán los pobladores rurales y el país en general donde habrá mayor abastecimiento de sus productos con carreteras que conecten a los diversos centros comerciales, pueblos y/o la red de vías clasificados en base al decreto clasificador de rutas D.S. N° 036-2011-MTC. Para poder promover el mayor comercio local en la provincia. (p. 127).

**Castro, C. (2018)** expone que la cantera la Viña es una concesión de minería no metálica referida a lo que es agregado, el cual se aplica como método de extracción (descubiertas), desarrollando esto de manera experimental y no técnico. Entonces es necesario hacer el cálculo de reservas para tener la confiabilidad que es un proyecto factible y viable.

El departamento de Lambaye que cuenta con muchas canteras de agregados en sus diferentes distritos, haciendo alusión a minería no metálica, concerniente a los materiales de construcción (arena, over, afirmado, arenilla, ripio, piedra base, entre otros) que abastecen a diferentes empresas dedicadas a la venta de agregados. Es primordial tener la confiabilidad que un proyecto sea viable y factible, en este caso de la extracción de agregados. Para ello se debe trabajar con profesionales capacitados que hagan un trabajo y no empírico ni experimental como se ha venido haciendo en muchas de estas canteras.

## **Fundamentación científica.**

### **Canteras**

La explotación de canteras de áridos se trata de una actividad necesaria para el progreso económico, industrial y social, con futuro y que debe compatibilizarse con el desarrollo sostenible. Si el sector de los áridos es capaz de integrarse en unidades de mayor tamaño será posible abastecer la demanda con menor número de explotaciones, mejor gestionadas, con mayor vida operativa, mayor rentabilidad y una disminución del impacto que este tipo de actividad causa sobre el medio ambiente y el territorio. (Villanueva, 2008).

“Para su uso como árido un material deberá tener condiciones físicas como: superficie específica, densidad adherente y absoluta, porosidad, formas de las partículas, porosidad, compacidad, resistencia al desgaste y choque y por último adherencia”. (Arana & Fernández, 2000)

“Consiste en excavaciones por banqueo, con varios niveles de extracción, bien ascendente o descendente, según se trate de excavaciones en ladero o en terrenos llanos”. (García, 2010).



**Figura 01.** Excavación de una cantera por banqueo

**Recursos.** Investigación agregada: geología, derecho, medio ambiente, normativa minería y procesamiento.

## **Explotación de canteras en terrenos horizontales.**

Cuando se posee este tipo de terreno, el método de desarrollo incluye la excavación planificada en el área adyacente, la construcción se realizará en forma de zanja para alcanzar la profundidad y longitud requeridas del primer banco, para luego continuar ampliando la altura. Dado que los materiales de la primera fila se descartan, la excavación de la segunda fila se beneficiará de manera más completa.

Cuanto más profundo es el hoyo, más estrecho es el agujero, por lo que la profundidad es limitada, por lo que aparecerá una berma entre las pendientes más bajas y más altas. (García, 2010).

## **Canteras en ladera**

“Cuando los bancos de materiales se presentan en ladera, entonces será más fácil el proceso de extracción del material (incluye la estabilidad de taludes)”. (García, 2015)

La extracción de materiales pétreos para la construcción de carreteras es importante en cualquier lugar del mundo, ya que de esta actividad depende el buen desarrollo de las obras de infraestructura que impulsan el crecimiento de un país. Dentro del marco de explotación de materiales para construcción de carreteras, existen definiciones de diferentes profesionales referentes al término “cantera”.

Cantera es el término que se utiliza para referirse al lugar donde existe material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de los caminos. (MTC, 2008).

## **Pavimentos**

### **Definición**

El concepto de pavimento según. Montejo, A. (2002). Indica que: Un pavimento constituye diversos tipos de capa, una superpuesta a la otra. Son relativamente horizontales, y están técnicamente diseñados y fabricados con materiales adecuados y completamente comprimidos.

Estas estructuras estratificadas están soportadas por la subrasante obtenida por el movimiento de tierras durante el proceso de exploración y deben resistir completamente la tensión transferida a la subrasante por las cargas de tráfico repetidas durante el diseño de la estructura del pavimento.

El Ministerio de Transporte (MTC, 2014), definió la acera: como una estructura multicapa en la vía, puede resistir y dispersar la presión causada por los vehículos y mejorar la seguridad y el confort del tránsito. Por lo general, consta de las siguientes capas: capa base, capa subbase y capa de huella, parte: suelo y acera (Ministerio de Transporte [MTC], 2014).

### **Propiedades de materiales en pavimentos**

Montejo, A. (2002). Indica que:

Se tienen que hacer las investigaciones de campo el laboratorio determina las propiedades físicas del suelo para analizar su comportamiento en determinadas condiciones.

### **Análisis Granulométrico.**

Esta prueba puede determinar cuantitativamente la distribución de partículas de suelo de diferentes tamaños. Existen diferentes procedimientos para determinar la composición granulométrica del suelo. Por ejemplo, para tamizar partículas gruesas, el método más rápido es el tamizado.

Sin embargo, a medida que aumenta el tamaño de las partículas, el tamizado se vuelve cada vez más difícil, por lo que se debe recurrir al proceso de precipitación.

### **Determinación del límite plástico de los suelos.**

El límite de plasticidad se define como el contenido de agua más bajo al que el suelo vuelve a su estado plástico. En este estado, se puede deformar o moldear rápidamente sin rebotar, cambiar de volumen, agrietarse o astillarse.

### **Determinación del límite líquido de los suelos.**

El límite de líquido es el contenido de humedad más alto que puede tener el suelo sin cambiar de plástico a líquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que el suelo puede fluir sin ningún esfuerzo, el cálculo del índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, e indica el grado en que el suelo retiene la humedad del estado plástico antes de volverse líquido.

### **Ensayos y compactación de suelos.**

La compactación debe entenderse como cualquier proceso que aumente el volumen y el peso del suelo. Generalmente, es conveniente compactar el suelo para que podamos aumentar su resistencia al cizallamiento, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

Durante el proceso de compactación durante la construcción, se deben realizar pruebas para comprender la densidad máxima y el contenido de humedad óptimo en diferentes suelos.

### **Máxima densidad seca.**

Es el peso seco máximo obtenido al mezclar materiales con diferentes contenidos de agua y compactarlos de una manera convencional predeterminada.

### **Óptimo contenido de humedad.**

Es el porcentaje de agua que puede obtener la máxima densidad bajo el grado de compactación especificado.

### **Determinación de la densidad del suelo en el terreno.**

Esta prueba se usa para determinar el peso seco de una cierta cantidad de suelo que requiere densidad, y el volumen del hoyo de excavación usado para recolectar el suelo y medirlo usando arena y procedimientos estándar. La relación entre el peso seco del material y el volumen de los poros de los que se extrae el material es la densidad seca de la capa para la que se ha demostrado el grado de compactación.

## **Determinación de la resistencia de los suelos.**

Las pruebas de durabilidad más famosas son CBR (laboratorio y campo) y pruebas de carga a bordo. El Índice de California (CBR) es una medida de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante en condiciones de densidad y humedad controladas.

Se utiliza en el diseño de carreteras flexibles. CBR se expresa como el porcentaje de la relación de carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón de la misma profundidad en la muestra de grava.

## **Materiales para pavimento**

### **Definición**

El Ministerio de Transporte (MTC,2014) define los materiales de pavimentación como una capa de materiales granulares naturales o procesados y tiene un grado específico que soporta directamente la carga de tráfico y la carga de trabajo. El pavimento debe tener una cantidad adecuada de material adhesivo fino para mantener la adherencia de las partículas.

Se puede utilizar como superficie de conducción en carreteras sin pavimentar. Parte, suelo y aceras. (Ministerio de Transporte (MTC), 2014).

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a la parte estructural solicitada.

### **Afirmado**

El material utilizado depende del área y procedencia del agregado, cantera montañosa o fluvial, si se usa como capa inferior o superficial, la mayor diferencia es el porcentaje de agregado y finos o arcilla. Se debe requerir un cierto porcentaje de piedras para soportar la carga del tráfico, y un cierto porcentaje de arena se debe clasificar según el tamaño para llenar los huecos entre las piedras y proporcionar una mejor estabilidad a las capas, y finalmente combinar las piedras. La capa de seguridad es un cierto porcentaje de plástico fino.

Casi no existe material de deposición natural con una gradación ideal, y las materias primas se pueden utilizar directamente, por lo que se debe agitar para obtener un tamaño de partícula específico.

Estos materiales suelen ser agregados naturales de excedentes de canteras, también pueden ser agregados naturales y piedra triturada, o pueden ser una mezcla de productos de ambas fuentes.

Cabe señalar que todos los materiales a confirmar son diferentes, por lo que la calidad de los materiales debe determinarse mediante pruebas. (MTC, "Guía de carreteras, suelos y aceras" 2014).

Los estándares de calidad que debe cumplir, para que se utilice como afirmado deberán basarse en la siguiente franja granulométrica:

**Tabla 1**

*Parámetros granulométricos de afirmado.*

Tamiz	Percentage que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	-	-	-	-	-
37,5 mm (1½")	100	-	-	-	-	-
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100	-	-	-	-
9,5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100	-	-
4,75 mm (N° 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N° 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: AASHTO M-147

## **Materiales**

Para ciertos edificios con o sin estabilizadores, deben usarse materiales particulados naturales de sobre excavación, canteras o escoria metálica. También pueden provenir de la trituración de rocas, grava o mezclas de productos de diversas fuentes.

Las partículas agregadas serán duras, fuertes y duraderas, sin excesivas partículas planas, blandas o desintegradas, y sin grumos de materia orgánica, grumos de arcilla u otras sustancias nocivas. Las condiciones de limpieza dependen del material utilizado. (MTC, "Manual de carreteras", 2013)

### **Ensayos estándar para material de afirmado**

- Análisis del tamaño de las partículas mediante el cribado ASTM D-422, MTC E107
- Límite Líquido N° 40 ASTM D-4318, MTC E110.
- Malla de restricción de plástico N°40 ASTM D-4318, MTC W111.
- Clasificación de suelos AASHTO M-145, ASTM D-3282
- Contenido total de sal soluble, MTC E219
- Clasificación SUCS ASTM D-2848
- Materiales orgánicos en arena ASTM C-140, MTC E213

### **Ensayos especiales para materiales de afirmado**

- Relación de cojinete de California (CBR) ASTM D-1883, MTC E 132.
- Prueba de Abrasión de los Ángeles ASTM C-131, MTC E 207.
- equivalente a arena ASTM D-2419, mtc E 114.
- Proctor mejorado ASTM D-1557, MTC E 115.

### **Justificación de investigación**

En el proyecto de investigación se plantea la siguiente justificación, actualmente en Chimbote se utilizan distintas canteras para la construcción civil, pero el constructor que obtuvo el material utilizó el material sin conocer sus propiedades, por lo que la producción del material es muy incierta.

Dado que el pavimento no conoce el desempeño de sus componentes, no podemos saber si el pavimento cumplirá con la resistencia requerida por los estándares establecidos.

### **Tecnológica**

Según la tecnología la investigación se desarrolla en el laboratorio de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de materiales de cantera

que avanzan en gran medida, por lo cual estas investigaciones podrán evaluar los resultados del material (afirmado) de las canteras.

Pampa Colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote que estén apto para uso como material de confirmación en carreteras y que cumplan con los parámetros normativos.

### **Económica:**

Cuando nos referimos a la racionalidad económica, analizaremos el coste material (metros cúbicos) de cada cantera.

Asimismo, esta investigación será de gran ayuda para las entidades del sector público y privado, ya que sabrán con certeza si las canteras de igualdad de derechos de las canteras Pampa Colorada y La Sorpresa son de buena calidad y pueden utilizarse como material de préstamo en la carretera.

### **Social:**

Beneficio social los materiales que componen cada cantera mejorarán enormemente el camino hacia el nivel especificado de pueblos aledaños, facilitando así la transitividad vehicular.

Actualmente las ciudades que limitan estas canteras, sus calles y avenidas se encuentran en perfecto estado, mientras que algunas de ellas se hallan deterioradas, esto mucho depende del material empleado en los pavimentos por tal razón en este trabajo de investigación realizaremos una comparación de calidad del afirmado de las dos canteras para ver quien cumpla mejor con las características exigidas por el MTC. Para la construcción de bases y sub-bases granulares en pavimentos.

### **Aporte científico.**

Este proyecto de investigación ayudará a conocer sobre propiedades físicas y mecánicas del afirmado de estas dos canteras en la ciudad de Chimbote, para lo cual servirá como antecedentes, para trabajos posteriores que realicen otros estudiantes investigadores.

## **Problema.**

### **Planteamiento del problema**

Actualmente las ciudades que limitan estas canteras, sus calles y avenidas se encuentran deterioradas, esto mucho depende del material empleado en los pavimentos por tal razón en este trabajo de investigación realizaremos una comparación de calidad del afirmado de las dos canteras para ver quien cumpla mejor con las características exigidas por el MTC. Se utiliza para construir cimientos granulares y sub-cimientos en aceras.

### **Formulación del problema**

¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado en la ciudad de Chimbote?

### **Conceptuación y operacionalización de las variables:**

#### **Variable dependiente:**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>
<b>EVALUACION DEL AFIRMADO</b>	Evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del Afirmado aplicando normas, para determinar su calidad del afirmado	Reconocer las diferentes características del afirmado por medio de los métodos de ensayos descritos en el laboratorio	Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y químicas del afirmado

## **Hipótesis.**

La investigación en mecánica de suelos determinará las propiedades físicas y mecánicas de las canteras Pampa Colorada y La Sorpresa de Chimbote como materiales de pavimentación.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar el estudio comparativo del afirmado de las canteras Pampa Colorada y La Sorpresa 2020.

### **Objetivos específicos:**

Determinar y Evaluar el afirmado mediante la mecánica del suelo de la cantera Pampa Colorada y la Sorpresa de Chimbote según el manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transporte.

- Analizar los resultados del material obtenido de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa en Chimbote.
- Realizar una propuesta a través del análisis de cada cantera y presentar una alternativa que mejore sus propiedades de afirmado con el material de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa en Chimbote.
- Determinar los ensayos correspondientes al Proctor modificado y CBR del afirmado de las canteras indicadas.

## METODOLOGIA

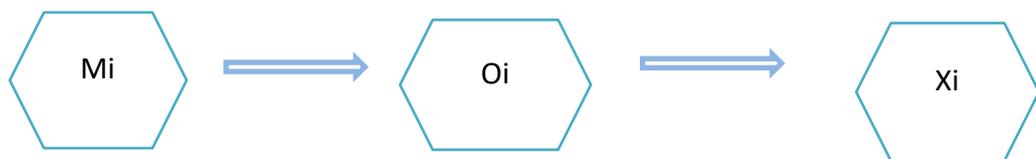
### Tipo y diseño de la investigación:

#### Tipo de investigación

Tipo de investigación fue aplicable comparativo, porque de los resultados obtenidos fueron usados para solucionar problemas y mejoramiento de las propiedades mecánicas y físicas del afirmado de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote, generando alternativas de diseño de pavimentos con mayor durabilidad.

#### Diseño de investigación

Dado que se han realizado investigaciones para comprender las propiedades físicas y mecánicas de las canteras, la investigación fue de diseño no experimental descriptiva. Comparativa.



Donde:

Mi: El afirmado de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa

Oi: Ensayos físicos mecánicos del afirmado mediante fichas técnicas.

Xi: Resultados obtenidos del afirmado mediante el CBR.

### Población y muestra:

#### Población

Las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote.

#### Muestra

Se evaluará una muestra del afirmado de cada cantera.

## **Técnica e instrumentos de investigación**

Se realizó a través de pruebas de laboratorio, apoyándose en ensayos estándar y pruebas especiales para la confirmación del laboratorio de materiales.

### **Tabla 2**

*Descripción de la evaluación*

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Análisis de Muestra	Estudio de Suelos
Observación	Guías de observación Fotografías

Para ello, se utilizó una guía de observación completa como herramienta, ya que nos permitirá desarrollar sistemas para organizar y clasificar información de diferentes experimentos.

### **Procesamiento y análisis de investigación.**

Los datos que se obtuvieron en el laboratorio respecto. A través de tamizado, límite líquido, límite plástico para análisis de tamaño de partículas clasificación del suelo según AASHTO.

Contenido total de sal soluble, clasificación de sacarosa, materia orgánica en arena (CBR), Proctor Modificado.

Respecto al afirmado de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa, la que luego fueron ingresadas a la hoja de cálculo Microsoft Excel, para luego realizar cálculos.

Para realizar el análisis de información se tendrá presente:

Tablas, gráficos, planos, etc.

## **RESULTADOS**

### **Cantera Pampa Colorada**

#### **Ubicación**

Está ubicada en la vertiente sur del ramal terminal en el costado oeste del Lomo de Camello, pasando por Pampa Colorado, y en el margen izquierdo de la carretera Casma-Yaután-Huaráz en el distrito de Buenavista. Hay unos 16 kilómetros desde el pueblo de Casma hasta el sitio arqueológico.

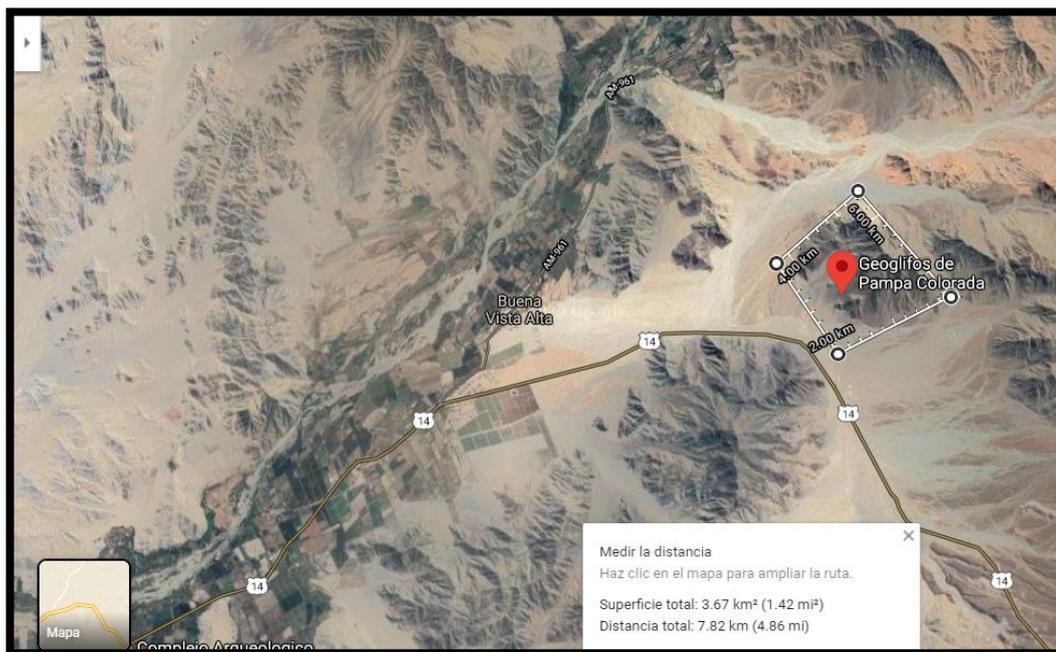
#### **Descripción**

En el terreno pedregoso aluvial inclinado hacia el sur, rodeado de colinas en los lados oeste, norte y este, se dibujaron grandes pinturas en el suelo con surcos poco profundos y un ancho promedio de 20 cm.

Los rasgos humanísticos de Pampa Colorada recuerdan el patrón de arcilla en bajo relieve encontrado por Rosa Rung en la pared de uno de los pasajes de Chanquillo, similar al «chamán» encontrada en una de las pinturas rupestres de Palamenco en el Valle de Lacramarca.



*Figura 02.* Cantera Pampa Colorada.



**Figura 03.** Vista panorámica de la Cantera Pampa Colorada.

## **Cantera la Sorpresa**

### **Ubicación**

Motivo por el cual realizamos una visita a la Cantera “La Sorpresa”, la cual se encuentra ubicada a la salida de Chimbote, poco antes de llegar al túnel de Coishco.

Para poder tener una mayor noción sobre nuestro tema a estudiar, decidimos visitar una cantera, para así lograr tener un concepto más amplio sobre el afirmado.

## Descripción

Esta cantera tiene más de 20 años funcionando, al mando del señor Rubén, grupo “Rodríguez”; la cual se encarga de distribuir a todo Chimbote afirmado, agregado grueso, ya sea de 3/4 o 1/2 y confitillo.

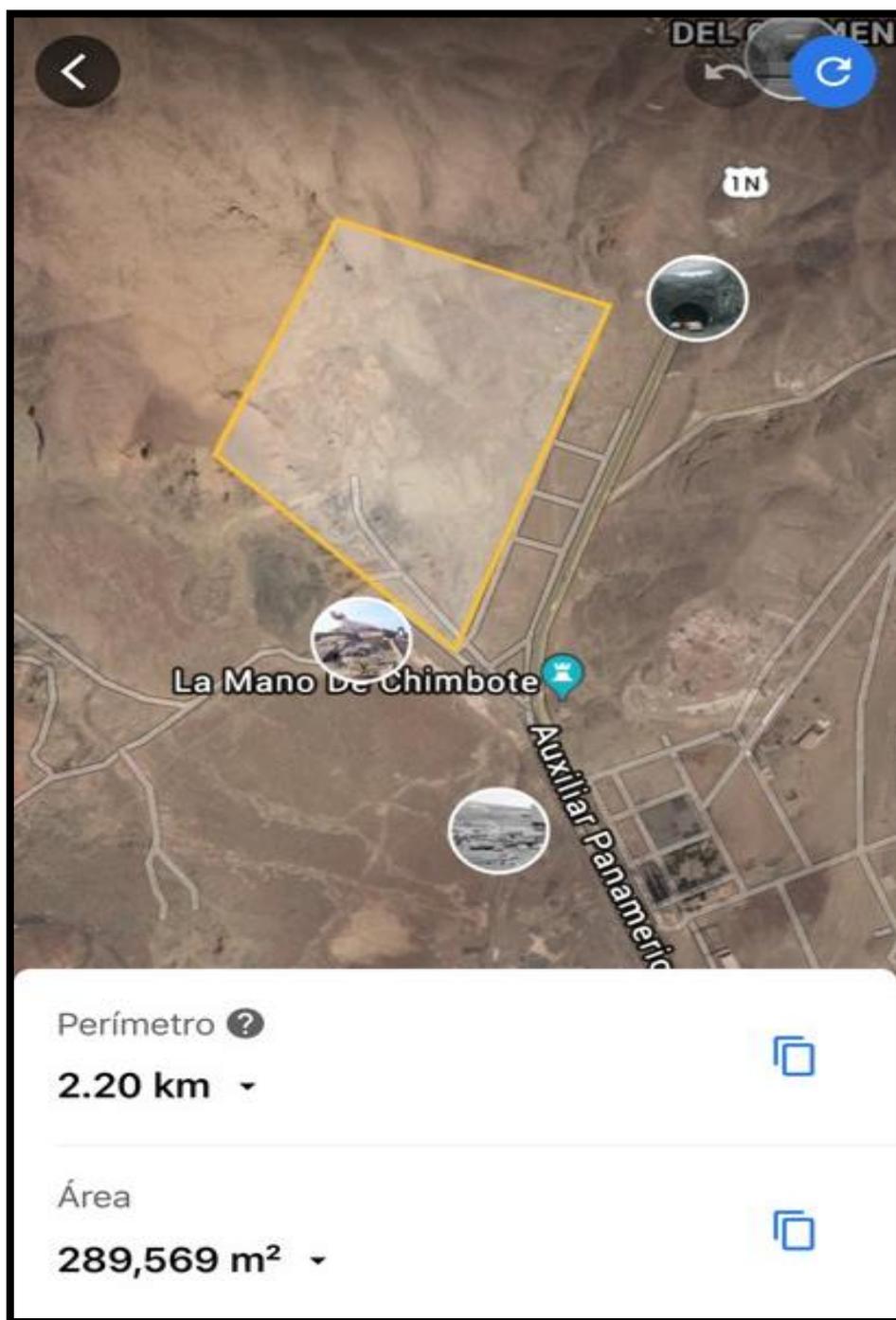
## CANTERA

“La Sorpresa”,



*Figura 04:* Ubicación de la cantera la Sorpresa.

## Perimetral de la Cantera



*Figura 05:* Área perimetral de la cantera la Sorpresa.

### **Aproximado del radio de la cantera la sorpresa.**

- 20 Hectáreas

## **Clasificación del afirmado**

El análisis granulométrico del afirmado consiste en separar y clasificar los granos que lo componen por tamaño, obteniendo como resultados lo siguiente:

### **Procedimiento**

1. Pase la muestra de suelo seco a través de una pantalla de 3/8 de pulgada y separe el material que pasa a través de la pantalla, y luego determine de manera confiable el porcentaje de polvo fino.
2. Pase el material restante en la malla de 3/8 de pulgada a través de 3 pulgadas, mallas de 2½ pulgadas, 2 pulgadas, 1,5 pulgadas, 1 pulgada, 3/4 pulgadas, 3 pulgadas y 3/8 pulgadas, y pesar parte de los materiales retenidos en cada malla,
3. Los materiales mezclados pasan 3/4 Malla de 8 mm pulgadas, y tomar una muestra representativa de acuerdo con las instrucciones del instructor.
4. Colocar la muestra obtenida en el tamiz # 200, lavar el material con agua corriente para que el agua fluya a través del polvo fino a través Malla hasta que el agua que pasa por la red quede transparente.
5. Vierta con cuidado el residuo en el recipiente desecante y déjelo secar deje reposar tiempo suficiente hasta que el agua de la superficie en suspensión se vuelve transparente, retire el agua transparente y luego coloque el recipiente con el resto de la suspensión de tierra y agua en el horno para el secado.
6. Al día siguiente, volver al laboratorio y pesar el residuo secado en el horno, o de forma predeterminada, el instructor les dará otras instrucciones.
7. Finalmente, pase la muestra lavada y seca a través de la malla N° 4 a la malla N°.200 y registre el peso retenido en cada malla.

## **Cantera Pampa Colorada**

### **Muestra – 1 – Afirmado Cantera Pampa Colorada**

- SEGÚN CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO) La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes. El suelo se clasifica:
  - A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.
- SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S." El suelo se clasifica:
  - Grava limosa con arena con bloques GM

### **Muestra – 2 – Afirmado Cantera Pampa Colorada**

- SEGÚN CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO) La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes. El suelo se clasifica:
  - A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena.
- SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S." El suelo se clasifica:
  - Grava limosa con arena con bloques GM

## **Cantera Pampa la Sorpresa**

### **Muestra – 1 – Afirmado Cantera la Sorpresa.**

- SEGÚN CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO) La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. El suelo se clasifica:
  - A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.
- SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S." El suelo se clasifica:
  - Grava bien graduada con limo con arena GW GM

### Muestra – 2 – Afirmado Cantera la Sorpresa.

- SEGÚN CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO) La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes. El suelo se clasifica:
  - A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena.
- SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S." El suelo se clasifica:
  - Grava bien graduada con limo con arena GW GM

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO**

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3					A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) Nº 40 (0,425mm) Nº 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

**Figura 06:** Clasificación de suelos método AASHTO.

## SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "S.U.C.S."

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:  $Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3  No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.  Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ . Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.  Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ NÚMERO 4 (4,76 mm)	(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
		ARENAS	Arenas limpias	SW		Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
			(pocos o sin finos)	SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
	MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR EL TAMIZ NÚMERO 4 (4,76 mm)	Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		
		MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ NÚMERO 200	Limos y arcillas:	ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.
	CL			Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.					
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
	Límite líquido menor de 50		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		
	Límite líquido mayor de 50					



Figura 07: Clasificación de suelos método S.U.C.S.

## **Límites de Consistencia**

El contenido de humedad en el punto de transición de un estado a otro se denomina límite de Atterberg.

### **Cantera Pampa Colorada.**

#### **a. Preparación del material.**

Utilice únicamente la parte del suelo que pase por la malla 40 (0.42 mm). Si es necesario, agregue o retire agua y luego agite la muestra hasta obtener una pasta semilíquida con humedad uniforme.

Para suelos limosos y arenosos con bajo contenido de arcilla, la prueba se puede realizar inmediatamente después de agregar agua de acuerdo con el procedimiento descrito en la letra b. Para las arenas, la pasta debe almacenarse en un recipiente tapado durante aproximadamente 4 horas. Para la arcilla, este tiempo debe aumentarse a 15 horas o más para asegurar que la humedad en la muestra sea uniforme.

#### **b. Determinación del Límite Líquido.**

De hecho, el límite líquido se determina cuando se sabe que el suelo modificado tiene una fuerza cortante baja (aproximadamente 0.02 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que la muestra de suelo modificado requiere 25 golpes la parte cerrada es 1 distancia del suelo 2 pulgadas.

1. La prueba debe comenzar haciendo una pasta de fondo en una bolsa de porcelana cuya humedad sea ligeramente superior al límite de líquido indicado por el instructor.
2. Antes de comenzar la operación, retire y seque la cápsula de la máquina Casagrande y asegúrese de que esté completamente limpia y seca.
3. Instale la cápsula en la posición de prueba.
4. Ponga de 50 a 70 gramos de tierra húmeda en la cápsula para que quede suave. Use una espátula en una superficie de 1 cm de altura, teniendo cuidado de no dejar burbujas de aire en los grumos de suelo.

5. De acuerdo con el eje de simetría de la cápsula, use un ranurador para dividir el suelo en dos mitades; para arcilla, la ranura se puede completar de una vez; puede ser necesario limo. Se necesitan 2 o 3 veces de luz para completarse. Para suelos de raíces orgánicas, este proceso es más complicado.
6. Gire la manizuela uniformemente a una velocidad de dos revoluciones por segundo; Continúe hasta que la ranura esté cerrada de  $\frac{1}{2}$  pulgada de largo, registre el número de pasadas cuando sea menor a 40.
7. Retirar la tierra en la cápsula Casa Grande con una espátula, y repetir las operaciones 5) y 6)
8. Tomar una muestra de unos 5 g de tierra en el área cerrada a surcar y pesarla inmediatamente para obtener la humedad, que se describirá a continuación: Obtenga un punto en el gráfico semilogarítmico de la humedad v/s número de trazos, que aún contiene la mezcla de suelo original).
9. Continúe removiendo el suelo con una espátula (durante este período el suelo pierde humedad) y luego repita los pasos (2) a (8).
10. Repita los pasos (2) a (9) de 3 a 4 veces hasta alcanzar el número de golpes de 15 a 20.

### **c. Determinación del Límite Plástico wP**

El límite de plasticidad es el contenido de humedad del suelo cuando se rompe un pequeño trozo de tierra se arrodilla entre la palma de la mano y una superficie lisa, se amasa en una varilla con un diámetro de  $\frac{1}{8}$  de pulgada (3 mm).

1. Utilice parte del material restante en la prueba de límite de líquido.
2. En suelos muy plásticos, wP puede ser muy diferente de wL; para evitar una demora demasiado larga al realizar pruebas en pisos muy plásticos, un cierto período de tiempo.
3. Secar el material por dentro, extenderlo sobre una placa de vidrio o amasarlo sobre una toalla nueva; también puedes meterlo en el horno (baja

temperatura), al sol o bajo una lámpara eléctrica; en cualquier caso, debes asegurarte de que esté uniformemente seco.

4. Tome una bola de barro de 1 cm<sup>3</sup> y frote el vaso con la palma para formar una varilla con un diámetro de 3 mm.
5. Reconstruya la bola de barro y conecte el material para ejercer una fuerte presión en las yemas de los dedos, luego amase el palillo nuevamente hasta que llegue al borde del plástico.
6. El límite plástico w<sub>P</sub> corresponde al contenido de humedad cuando la varilla de 3 mm así formada se rompe en fragmentos de 0.5 a 1 cm de largo. Si no está seguro de si ha alcanzado w<sub>P</sub>, se recomienda frotar la barra nuevamente.
7. Pese la barra resultante inmediatamente para determinar su contenido de humedad.
8. Siga los pasos (3) a (6) para 2 o 3 pruebas y repita el promedio. La diferencia entre las dos determinaciones no excederá del 2%.

El resultado realizado en el laboratorio es:

- Límite líquido NP.
- Límite plástico NP.
- Índice de plasticidad NP.

**Cantera la Sorpresa.**

- Límite líquido NP.
- Límite plástico NP.
- Índice de plasticidad NP.

SISTEMA CLASIFICACION USCS						
GRUESOS (< 50 % pasa 0.08 mm)						
Tipo de Suelo	Simbolo	% pasa 5 mm.***	% pasa 0.08 mm.	CU	CC	** IP
Gravas	GW	< 50	< 5	> 4	1 a 3	< 0.73 (wl-20) ó <4 > 0.73 (wl-20) ó >7
	GP			≤ 6	<16>3	
	GM		> 12			
	GC					
Arenas	SW	> 50	< 5	> 6	1 a 3	< 0.73 (wl-20) ó <4 > 0.73 (wl-20) y >7
	SP			≤ 6	<16>3	
	SM		> 12			
	SC					
* Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM,SW-SM, SP-SC. *** respecto a la fracción retenida en el tamiz 0.080 mm						
** Si $IP \geq 0.73 (wl-20)$ ó si $IP$ entre 4 y 7 e $IP > 0.73 (wl-20)$ , usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.						
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej: GW-GM en vez de GW-GC.						
$C_U = (D_{60}) / (D_{10})$				$C_C = (D_{30}^2) / (D_{60} \cdot D_{10})$		

Figura 08: Parámetros de índice de plasticidad. S.U.C.S.

### Contenido de humedad

Tradicionalmente, el contenido se expresa como la relación entre la masa de humedad después del secado y el peso constante y la masa de la muestra de suelo.

#### Cantera Pampa Colorada.

Los resultados realizados en el laboratorio son:

Contenido de humedad (%) M-1 = 1.42 M-2= 1.35

Humedad Promedio (%) 1.39

#### Cantera la Sorpresa.

Contenido de humedad (%) M-1 = 0.86 M-2 = 0.82

Humedad Promedio (%) 0.84

### Resistencia a la abrasión

Esta es la capacidad de la superficie para resistir la abrasión causada por el tráfico pesado y el equipo mecánico.

Con el paso del tiempo, todos los pisos mostraron signos de desgaste superficial.

Algunas superficies son más resistentes al desgaste que otras.

**Procedimiento:**

Empecemos por la muestra ( $\geq 15$  kg) recibida en el laboratorio.

Dividimos la muestra en dos partes (entre 10 y 14 mm).

La curva de tamaño de partículas debe ajustarse a:

- a) % pasa tamiz 12'5 entre 60% y 70%
- b) % pasa tamiz 11'2 entre 30% y 40%.

La fracción es:

- Se selecciona la muestra para su gradación.
- Una vez seleccionado la muestra con sus pesos respectivos a dividir por tamaños.
- Después de dividir la muestra en dos partes, se lava y se seca en estufa ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Mezclamos las dos fracciones y luego reducimos la muestra a  $5.000 \pm 5$  gr.
- Disponemos de un tambor giratorio en el que se introduce la muestra con unas bolas de acero (11 bolas).
- Giramos el tambor 500 veces (velocidad entre 31 y 33 r.p.m.)
- Usamos dos tamices para lavar y tamizar las muestras recolectadas.
- De esta forma eliminaremos las muestras que pasen por el tamiz de 1,6 mm.

**Cantera Pampa Colorada.**

Desgaste (%) : 26.52

**Cantera la Sorpresa.**

Desgaste (%) : 16.48

**Equivalente de arena**

**Equivalente de arena:** Es la relación entre la altura de la arena y la altura de la arcilla, expresada como porcentaje. ( $1\frac{1}{4} \pm 0,015$  ") y aproximadamente 431,8 mm (17") de altura, desde la parte inferior hasta 381 mm (15 ") de altura es una escala de 2,54 mm (0,1").

**Procedimiento:**

- Llene el cilindro medidor hasta 10 cm con la solución estándar.
- Vertimos el contenido de la muestra de arena.

- Golpeamos el fondo para eliminar las burbujas y humedecer la muestra.
- Deje reposar durante 10 minutos.
- Cubra el cilindro y agite 90 ciclos (vuelva a 20 cm) durante 30 segundos. Usamos líquido limpiador para limpiar la pared interior de la tapa y el tubo.
- Introducimos el tubo de irrigación en el fondo de la muestra y luego lo subimos gradualmente. (Deje que suba la materia fina capturada)
- Deje reposar durante 20 minutos.
- Tomamos las lecturas de h1 y h2 de dos muestras.

#### **Cantera Pampa Colorada.**

Equivalente de arena promedio (%) 25.7

#### **Cantera la Sorpresa.**

Equivalente de arena promedio (%) 65.6

### **Tabla 3**

*Parámetros del afirmado.*

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		<3000	>3000
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% max
Arena equivalente	MTC E 114	60	70

#### **Proctor modificado**

La prueba Proctor modificada es similar a la prueba estándar, pero la capacidad del molde y la energía de compactación se modifican. En este caso se utilizará un molde cilíndrico con una capacidad de 2.320 cm<sup>3</sup> y un martillo de 4.535 kg con una altura de 457 mm.

En lugar de 3 capas, se comprimen 5 capas de material, cada una con 25 golpes, además, se realizan varias mediciones de humedad y densidad con diversos grados de humedad en el molde para dibujar curvas Proctor, para completar la prueba Proctor. Existen distintos métodos para realizar este ensayo y se describen a continuación.

### **Método A**

#### **Preparación de la muestra:**

- Si la muestra está húmeda, se debe secar hasta que se pueda "triturar" con una espátula. Se puede secar al aire o en un horno a una temperatura no superior a 60 ° C.
- Ahora tamice una cierta cantidad de tierra triturada del tamiz # 4.
- Tomar muestras de 3 kg.

#### **Procedimiento:**

- Mezcle la muestra con suficiente agua para mojarla por completo.
- Compactar el suelo en un molde con un diámetro de 101,6 mm y dividirlo en 5 capas de igual altura, aproximadamente 125 mm. Cada capa se compacta con un martillo distribuido 25 veces y cae libremente 457 mm sobre el nivel del suelo.
- Retire el collar de extensión y corte con cuidado la tierra compacta que sobresale de la parte superior del molde con una regla de metal. Los huecos restantes en la muestra compactada deben rellenarse con el mismo material.
- Pese el molde húmedo. Luego multiplique la masa del suelo compactado y el moho, y luego reste la masa del moho. Este resultado se multiplica por 1060,44 ( $1 / 0,000943m^3$ ), y el resultado se registra como la unidad de masa húmeda  $\delta$ . 11
- A continuación, la muestra de suelo compactada se coloca en el molde y se pesa. Luego séquelo en un horno a  $110 \pm 5$  ° C durante al menos 12 horas o hasta que su calidad sea constante. Este paso no debe tomar muestras de menos de 300 g.

- Luego repita todo hasta que disminuya o la calidad ya no cambie la húmeda.

## **Método B**

### **Preparación de la muestra:**

- El método de preparación de la muestra es el mismo que el método A, pero en este caso, la masa aproximada es 3K.
- A excepción de los siguientes, se deben seguir los mismos pasos que el método A.
- La muestra se compacta en un molde con un diámetro de 152,4 mm y se divide en 5 capas aproximadamente iguales con una altura de 125 mm.
- Cada capa comprime 25 trazos distribuidos uniformemente.
- Pese el molde húmedo. Luego multiplique la masa del suelo compactado y el moho, y luego reste la masa del moho.
- Este resultado se multiplica por 470,80 ( $1 / 0,002124 \text{ m}^3$ ) y el resultado se registra como la unidad de masa húmeda.

## **Método C.**

### **Preparación de la muestra:**

- Si la muestra está húmeda, debe secarse hasta que llegue a un punto en el que pueda "rajarse" bajo la acción de una espátula. Se puede secar al aire o en un horno a una temperatura no superior a  $60^\circ \text{C}$ .
- Ahora tamice una cierta cantidad de tierra triturada que represente un tamiz de  $\frac{3}{4}$ .
- Se seleccionó una muestra de 6 kg.

### **Procedimiento de ensayo:**

- Mezcle la muestra con suficiente agua para mojarla por completo. Compactar el suelo en un molde con un diámetro de 101,6 mm y dividirlo en 5 capas de igual

altura, aproximadamente 125 mm. Cada capa está compactada con 56 golpes distribuidos por un martillo y cae libremente 457 mm sobre el nivel del suelo.

- Retire el collar de extensión y corte con cuidado la tierra compacta que sobresale de la parte superior del molde con una regla de metal. Los huecos restantes en la muestra compactada deben rellenarse con el mismo material.
- Pesar la forma húmeda, luego multiplique la masa y la forma del suelo compactado, y reste la masa de la forma; multiplique el resultado por 1060.44 (1 / 0.000943 m<sup>3</sup>), y el resultado es la masa húmeda  $\delta$ .
- A continuación, retire la muestra de suelo compactado del molde y péselo, luego colóquelo en un horno a  $110 \pm 5$  ° C durante al menos 12 horas o hasta que se alcance una masa constante. Este paso no debe tomar muestras de menos de 300 g.
- Repita todo hasta que la masa unitaria húmeda  $\delta_h$  disminuya o ya no cambie.

#### **Cantera pampa colorada afirmado**

Contenido Optimo Humedad                      **6.70 %**      Máxima Densidad Seca ,   **2.159 g/cm<sup>3</sup>**

#### **Cantera la sorpresa afirmado**

Contenido Optimo Humedad                      **7.00%**      Máxima Densidad Seca ,   **2.205 g/cm<sup>3</sup>**

## **Resultados de CBR**

El propósito de esta prueba es determinar la capacidad portante (CBR) del suelo y agregado compactado en laboratorio con humedad óptima y compactación variable.

#### **Procedimiento de ensayo**

Como primer paso, se debe determinar el contenido de humedad inicial de la muestra para determinar cuánta agua (5500 gramos) se debe verter en la muestra y lograr que alcance la humedad óptima, esta es una supervisión modificada obtenida mediante pruebas.

A continuación, prepárese para compactar en el molde 5 capas de 1100 gramos El número de golpes de compactación es de 12, 25 o 56 golpes, que se realizan con un martillo compactador.

Cabe destacar que normalmente se compactan 3 ejemplares a 12, 25 y 56 por separado, pero la normativa INVIAS 148-07 estipula claramente que, en algunos casos, solo se analiza una muestra para CBR Compacta 5 capas, 1100 veces por capa, y después de un cierto número de golpes, pesa el molde y muestra, y coloca la sobrecarga de metal. A continuación, coloque el dial en el trípode y comience la medición desde cero

Si el suelo es granular y se satura rápidamente de agua, y las pruebas demuestran que no afecta los resultados, sumerja el molde con la muestra y los agregados metálicos durante 24 horas. Es posible que algunas arcillas necesiten sumergirse durante más de 4 días.

Después de sumergir la muestra por el tiempo requerido, leer nuevamente el manómetro para medir la expansión. Si es posible, el trípode debe permanecer en su lugar y no moverse durante la inmersión.

Sin embargo, si es necesario, se puede eliminar marcando la posición del pie en el borde del molde después de la primera lectura, para que se pueda repetir durante la lectura continúa. La tasa de expansión se calcula como un porcentaje de la altura inicial de la muestra.

Después de la inmersión, saque el molde del tanque de agua, vierta el agua en él y fije la placa y la tapa firmemente en su lugar. Deje que el molde se escurra en su posición normal durante 15 minutos, luego retire el agregado y la placa perforada. Pesar inmediatamente y realizar pruebas de penetración.

Al penetrar la muestra resistirá la misma sobrecarga durante la fase de inmersión. Para evitar que el material base entre en el orificio del peso agregado, se recomienda colocar el pistón sobre la muestra después de colocar el primer agregado. Para hacer esto, los componentes se introducen primero en la prensa y luego se inserta el pistón de penetración en el orificio central del accesorio de anillo.

Después de aplicar la carga establecida, las tolerancias restantes se colocarán alrededor del pistón.

Se instala una rueda de medición para poder medir la fuerza de penetración del pistón y se aplica una carga de 44 N (10 libras) al asiento del pistón.

A continuación, reinicie el comparador, el comparador del bucle de par u otro dispositivo utilizado para medir la carga y el comparador que controla la penetración. Para evitar que el valor de penetración se vea afectado por el valor del bucle de carga, el control de penetración debe apoyarse entre el pistón y la muestra o forma.

Utilice un pistón o una prensa con una velocidad de penetración constante de 1,27 mm (0,05 pulgadas) por minuto para aplicar una carga al pistón de penetración. Las prensas manuales no son adecuadas para funcionar a esta velocidad y se controlan automáticamente mediante galgas extenso métricas penetrantes y cronómetros.

#### **Cantera Pampa Colorada afirmado**

CBR al 100% de la densidad seca máxima (%) 51. 40

CBR al 95% de la densidad seca máxima (%) 33. 60

#### **Cantera la Sorpresa afirmado**

CBR al 100% de la densidad seca máxima (%) 80,10

CBR al 95% de la densidad seca máxima (%) 57,20

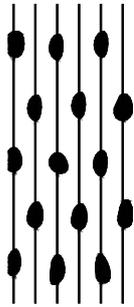
CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub-rasante
20 - 30	Excelente	Sub-rasante
30 - 60	Buena	Sub-base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

**Figura 09:** Parámetros de CBR de los suelos.

## ANALISIS Y DISCUSION

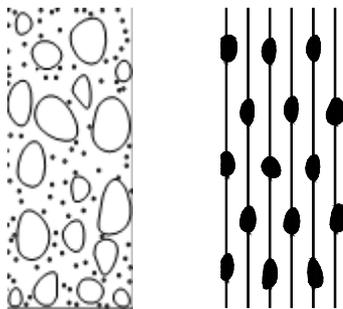
Según resultados obtenidos del análisis granulométrico, se puede describir en detalle de la siguiente manera:

### Cantera Pampa Colorada.

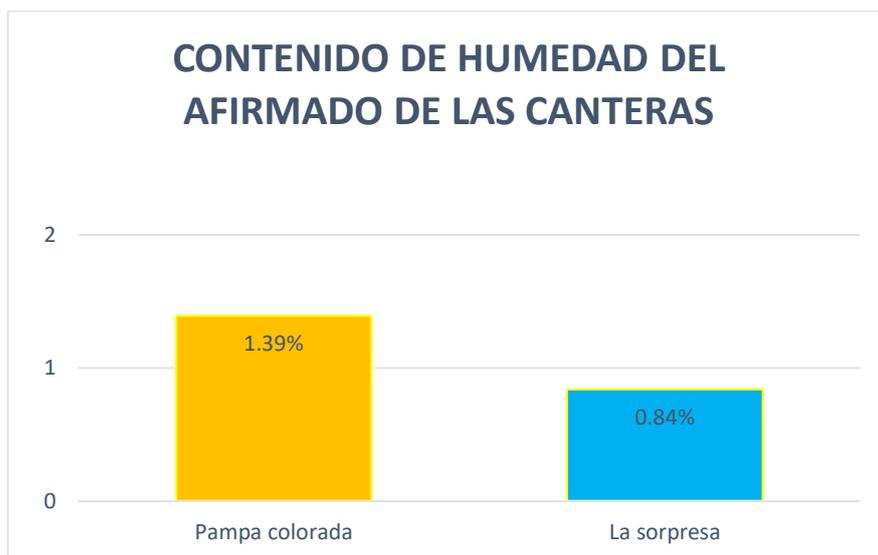


*Figura 10. Grava limosa, mezcla de grava y limo.G.M*

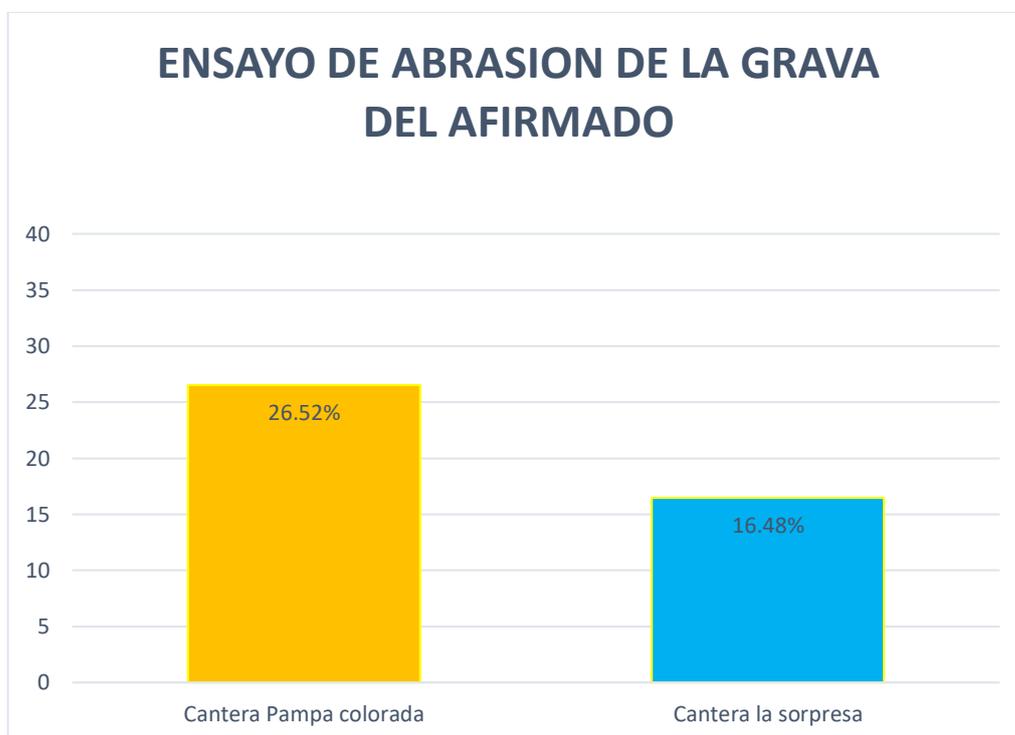
### Cantera la Sorpresa.



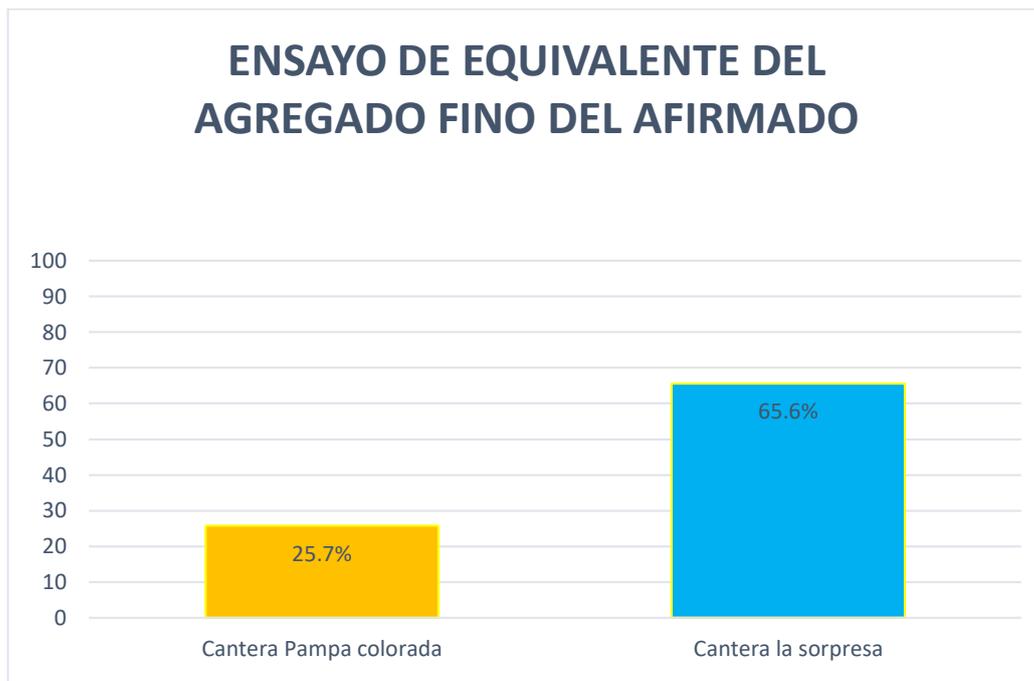
*Figura 11. Grava bien graduada con limo con arena GW GM*



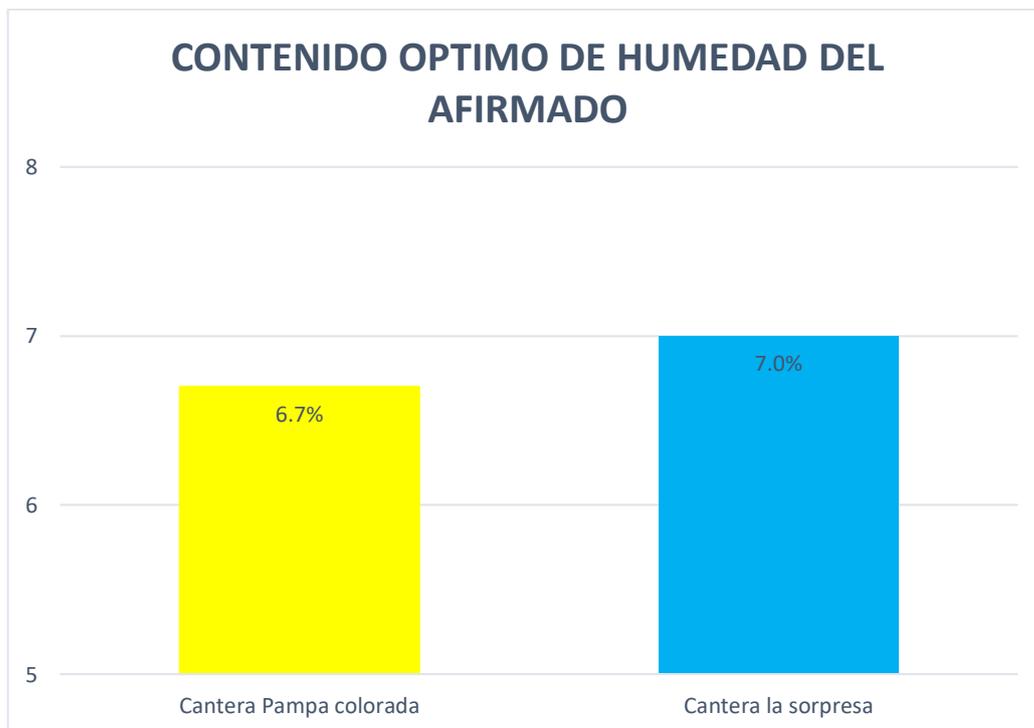
**Figura 12.** Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene más humedad que la cantera la Sorpresa.



**Figura 13.** Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene mayor desgaste que la cantera la Sorpresa.



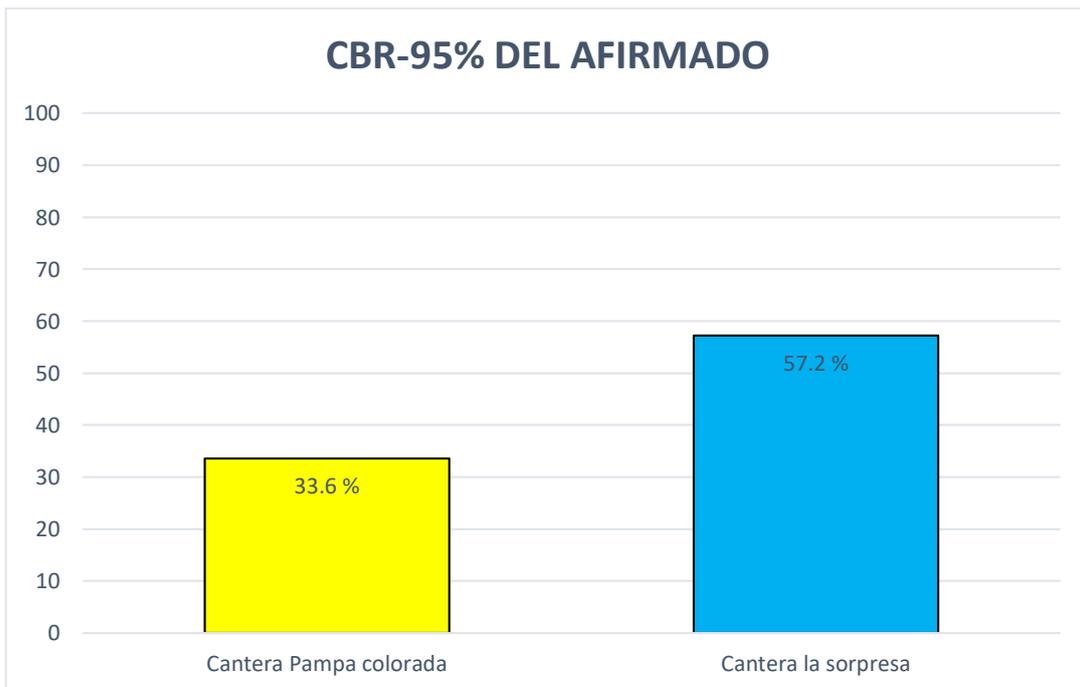
**Figura 14.** Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene menor equivalente que la cantera la Sorpresa.



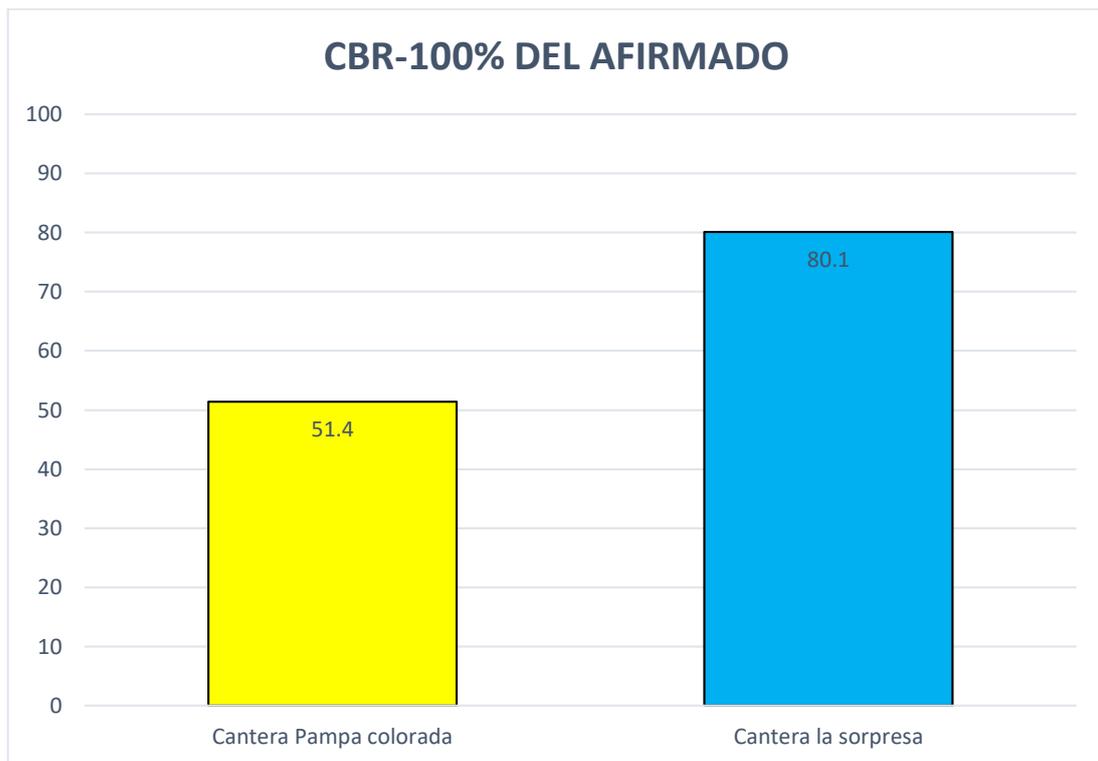
**Figura 15.** Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene menor contenido óptimo de humedad que la cantera la Sorpresa.



**Figura 16.** Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene menor densidad que la cantera la Sorpresa.



**Figura 17.** Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene CBR-95% menor que la cantera la Sorpresa.



**Figura 18.** Se observa en la figura que la cantera Pampa Colorada tiene CBR-100% menor que la cantera la Sorpresa.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

### ➤ Análisis granulométrico

- De acuerdo a la muestra número 1, de la cantera Pampa Colorada según clasificación del suelo AASHTO está clasificado como A-1-b fragmentos de roca, grava y arena, la figura 10 clasificaciones del suelo método AASHTO.
- Según sistema de clasificación de suelos unificados de suelo se clasifica Grava limosa con arena con bloques GM, de acuerdo a la figura 10 clasificaciones del suelo método U.S.C.S.
- De acuerdo a la muestra número 1, de la cantera la Sorpresa según clasificación del suelo AASHTO se clasifica A-1-a fragmentos de roca, grava y arena, de acuerdo a la figura 11 clasificación del suelo método AASHTO
- Según sistema de clasificación de suelos unificados se clasifica Grava arenosa de grado GW GM acuerdo a la figura 11 clasificaciones del suelo método U.S.C.S.

### Límites de consistencia

#### Cantera Pampa Colorada.

El resultado realizado en el laboratorio es:

Límite líquido NP.

Límite plástico NP.

Índice de plasticidad NP.

#### Cantera la Sorpresa.

Límite líquido NP.

Límite plástico NP.

Índice de plasticidad NP.

### Gráfica de plasticidad del USCS

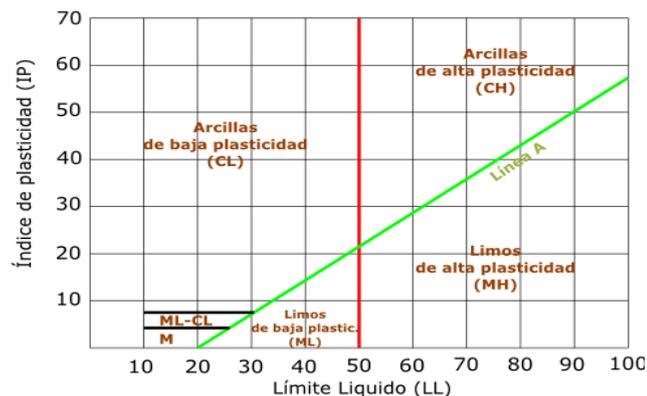


Figura 19: De acuerdo a los Parámetros de índice de plasticidad. S.U.C.S.

### Contenido de humedad

Tradicionalmente, el contenido se expresa como la relación entre la masa de humedad y la masa de la muestra de suelo después del secado hasta obtener un peso constante.

#### Cantera Pampa Colorada.

Los resultados realizados en el laboratorio son:

Contenido de humedad (%) M-1 = 1.42 M-2= 1.35

Humedad Promedio (%) 1.39

#### Cantera la Sorpresa.

Contenido de humedad (%) M-1 = 0.86 M-2 = 0.82

Humedad Promedio (%) 0.84

### Resistencia a la abrasión

Para poder encontrar el porcentaje de desgaste de la máquina de Los Ángeles, primero se realiza una gradación hasta obtener una muestra de 5 kilogramos método a de acuerdo al manual de materiales edición mayo 2016.



**Figura 20:** gradación de agregado grueso

Después de la gradación según la figura 20 se lleva a la máquina los ángeles, para ser sometido a 500 revoluciones con 12 esfera de acero de 46,8 mm de diámetro ahí la muestra gira como un molino, y después la muestra se retira y se tamiza. El tamiz número 12 y todo lo retenido se pesa y se aplica la siguiente fórmula.

Porcentaje de desgaste:

$$\%Desgaste = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100$$

**Cantera Pampa Colorada.**

$$\%Desgaste = \frac{5000-3674}{5000} * 100$$

Desgaste (%)

: 26.52

**Cantera la Sorpresa.**

$$\%Desgaste = \frac{5000-4176}{5000} * 100$$

Desgaste (%)

: 16.48

### **Equivalente de arena**

#### **Cantera Pampa Colorada.**

Equivalente de arena promedio (%) 25.7

#### **Cantera la Sorpresa.**

Equivalente de arena promedio (%) 65.6

Al realizar el ensayo de equivalente de arena, a la cantera Pampa Colorada se obtiene menor porcentaje que la cantera la Sorpresa, nos damos cuenta que menos porcentaje tiene la cantera Pampa Colorada entonces por lo tanto mayor presencia de material fino tiene.

### **CBR del afirmado.**

- Cantera Pampa Colorada al analizar el CBR al 100% del afirmado se obtiene que tiene un 51.40% como material de su base regular para pavimentos,
- Mientras que la cantera la Sorpresa tiene un CBR de 80.10%, encontrando como un material excelente para base de un pavimento.
- Al comparar las dos canteras en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas ambas cumplen con los parámetros normativos, considerando que la cantera Pampa Colorada explota un afirmado para sub-base del pavimento, mientras que la cantera la Sorpresa según los resultados obtenidos en el afirmado cumplen para la base de un pavimento.
- Al comparar el afirmado de las canteras, se obtiene una ventaja considerable de la cantera la Sorpresa, esto se debe porque la cantera Pampa Colorada es un material limoso y se sabe por lógica que el limo es un componente perjudicial. Y al realizar los ensayos de laboratorio obtenemos porcentajes no muy favorable para la base de un pavimento, pero si se considera para una sub-base del pavimento, finalmente se realiza la comparación:

**Cantera la Sorpresa explotación**

**20 Ha = 200.000 m<sup>2</sup>**

**Potencia = 4m**

**V.explotación= 800.000 m<sup>3</sup>**

**Cantera la Sorpresa explotación**

**15 Ha = 150.000 m<sup>2</sup>**

**Potencia = 2m**

**V.explotación= 300.000 m<sup>3</sup>**

## CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos del afirmado de acuerdo a los estratos evaluados en dichas canteras mediante, investigación afirmativa sobre mecánica del suelo se concluye que la cantera la Sorpresa presenta mejores propiedades físicas y mecánicas, a la cantera Pampa Colorada, por lo tanto, la cantera la Sorpresa cumple en límite con los parámetros normativos como material de base de un pavimento.

Al analizar el afirmado con el análisis granulométrico se concluyó que la cantera Pampa Colorada tiene un material limoso GM, mientras que la cantera la Sorpresa tiene una Grava limo arenosa GW GM.

Al determinar el ensayo de desgaste obtenemos como resultado que la cantera Pampa Colorada tiene un 26.52% mientras que la cantera la Sorpresa 16.48% considerando que ningunas sobrepasan los límites permisibles que es de 40%, mientras que al analizar la arena obtenemos que el equivalente de la cantera Pampa Colorada tiene un 25.70 % y la cantera la Sorpresa tiene un 65.60% por lo tanto el único que cumple con los parámetros normativos es la cantera la Sorpresa porque el equivalente de la arena para pavimentos tiene que ser  $\geq 60\%$ .

En conclusión, el CBR al 100% del afirmado se obtiene que la cantera Pampa Colorada tiene un 51.40% como material de sub-base regular para pavimentos, mientras que la cantera la Sorpresa tiene un CBR de 80.10%, encontrando como un material excelente para base de un pavimento.

Para poder complementar nuestro trabajo de investigación, se analizó se propone un material como propuesta para los pavimentos, con los siguientes parámetros: análisis granulométrico como un material bien graduado como GW y GM, contenido de humedad 0.76%, límites de consistencia no presenta, desgaste de abrasión 14.40%, equivalente de arena 69.3% y finalmente la parte más importante el CBR obteniendo como resultado 102.10% encontrando como un afirmado excelente bueno, para todo tipo de pavimento especialmente como material de base.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las canteras realizar sus ensayos físicos mecánicos al afirmado periódicamente, ya que este material puede variar su calidad debido a los estratos de exploración.

Se recomienda tener un control técnico adecuada en la dosificación del afirmado en las canteras, porque de esto dependerá la calidad del material como base y sub-base a emplear en los pavimentos.

Se debe analizar el afirmado con un ensayo químico, para ver los componentes que puedan perjudicar la resistencia del afirmado.

Se recomienda realizar un ensayo de durabilidad con sulfato de magnesio al afirmado de las canteras para saber el tiempo de vida del material.

Se recomienda seguir con este tipo de investigaciones para tener una base más sólida del tipo de material que se vende en la región Ancash, puesto que en esta investigación solo se toman muestras de las canteras Pampa Colorada y cantera la Sorpresa.

El aporte que nosotros dejamos a la comunidad, según nuestro trabajo de investigación es que ellos conozcan cuál de estas dos canteras tiene el mejor afirmado para la construcción, según los resultados obtenidos la cantera la Sorpresa presenta mejores propiedades y así la comunidad puedan utilizar el afirmado de dicha cantera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguedo, A. (2008). *Temas ambientales en la cantera de materiales de construcción en Lima*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú.
- Arana, R., & Fernández, J. (2000). Desarrollo de áridos en la Región de Murcia. Obtenido de [http://www.um.es/jmpaz/EIA\\_CCAA1213/06M4%20L1.pdf](http://www.um.es/jmpaz/EIA_CCAA1213/06M4%20L1.pdf)
- Baca, J. (2012). *Conflictos sociales y ambientales en la cantera de San Antonio*. (Tesis de licenciatura). La sede ecuatoriana de la Academia Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ecuador.
- Borja, M. (2012). *Métodos de investigación científica del ingeniero*. Chiclayo, Perú.
- Edificios, R.N. (2016). Suelo y cimentación. Lima: Megabytes.
- García, D. (2015). *Se propuso una propuesta de nuevo diseño para incrementar la producción de la cantera de agregados ubicada en el estado de México*. (Tesis de licenciatura). México Universidad Nacional Autónoma de México. García, M (julio de 2010). Investigación agregada: geología, derecho, medio ambiente, normativa, minería.
- Herrera, P. (2016). *El diseño del sistema minero para los materiales de construcción existentes de la cantera Minina*, la cual se ubica en la parroquia de Cangahua, Estado Cayambe, Provincia de Pichincha. (Tesis de licenciatura). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Mejía, J. (2013). *Estudiar las propiedades físicas y mecánicas de las canteras de 3M y su uso como materiales definidos*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Merritt, F., Loftin, K., & Ricketts, J. (1999). *Manual del ingeniero civil*. México: Editado por Interamericana, S.A. DE C.V.

- Mosquera, E. (2011). *Evaluación de canteras en la provincia de San Martín para obra civil*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Martín, Morales, Perú.
- MTC. (2000). Manual de pruebas de materiales (EM 2000). Lima, Perú.
- MTC. (2008). Un glosario de términos comúnmente usados en proyectos de infraestructura vial. Perú.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras*. En el MTC, la especificación técnica general para la construcción EG-2013 (página 245). Lima, Perú.
- MTC. (2014). *Carretera Manual-Tramo Suelo y Pavimento*. Perú.
- MTC. (2016). *Manual de pruebas de materiales de carretera*. Lima, Perú.
- Núñez, N. (2013). *Una evaluación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la cantera utilizada para la construcción de la Cantera del Río Huayobamba en la Provincia de San Marcos*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- Ortega, C. (2013). *La calidad de los áridos de tres canteras de la ciudad de Ambato y su impacto en la resistencia del hormigón utilizado en obra civil*. (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato, ciudad de Ambato, Ecuador.
- Pastor, B. (2013). *Confirmado el diagnóstico de la cantera para la construcción de la calzada de primer nivel en Campo Alegre-Peña Blanca en la Región de Namora de la provincia de Cajamarca*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ramos B., & Torres A. (2012). *Mejorar los materiales de confirmación de la cantera cerca del terraplén de la carretera Lircay-Cochaccasa*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Huancavelica.
- Saavedra, A. (2016). En la ingeniería geotécnica de la minería, *estudiar la importancia de la topografía*. Construcción minera 10-11.

Urcia, P. (2014). *Análisis de la mezcla de materiales utilizados en el camino minero Yanacocha en las canteras Pinos y Tajo la Quinua*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Valle, F., Acosta, A., & Salvatierra, L. (2011). *Agregado extraído de la cantera de St. Louis para ingeniería civil*. (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Villanueva, R. (2008). Agregado de Castilla y León Obtenido de <http://www.siemcalsa.com/images/pdf/>

## **ANEXO 1**

## Matriz de consistencia

Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables
<p>¿Cuáles son propiedades físicas y mecánicas de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote como material de afirmado?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La investigación en mecánica de suelos determinará las propiedades físicas y mecánicas de la cantera</li> <li>- Pampa colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote como material de afirmado en carreteras.</li> </ul>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Evaluar y comparar estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas de canteras. Pampa colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote como material de afirmado.</p> <p><b>objetivos específicos Ubicación y descripción del área de estudio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluar mediante el estudio de mecánica de suelos de las canteras Pampa colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transporte y comunicación a nivel de afirmado.</li> <li>- Analizar los resultados del material obtenidos de las canteras Pampa colorada</li> </ul>	<p>¿Cuáles son propiedades físicas y mecánicas de las canteras Pampa Colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote como material de afirmado?</p>

		<p>y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Realiza una propuesta a través del análisis que se realizó a cada cantera, y presentar una alternativa que mejore sus propiedades del afirmado, con el material de las canteras, Pampa Colorada y la Sorpresa de la ciudad de Chimbote.</li></ul>	
--	--	--	--



*Figura 21.* Vista panorámica del afirmado.



*Figura 22.* Visualizando los extractos del afirmado.



*Figura 23.* Clasificación del afirmado.



*Figura 24.* Revisando manualmente el afirmado.



**Figura 25.** Seleccionando el afirmado para trasladar a laboratorio de mecánica de suelos de la USP para sus ensayos correspondientes.



**Figura 26.** Traslado del material al laboratorio de la USP.



*Figura 27.* Realizando el análisis granulométrico del afirmado.



*Figura 28.* Seleccionando la muestra para proctor y CBR



**Figura 29.** Agregando la humedad para el proctor modificado del afirmado.



**Figura 30.** Realizando el proctor modificado



*Figura 31.* Listos para empezar el ensayo de CBR.



*Figura 32.* Dejando las muestras saturar en agua por 4 días.



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D422)**

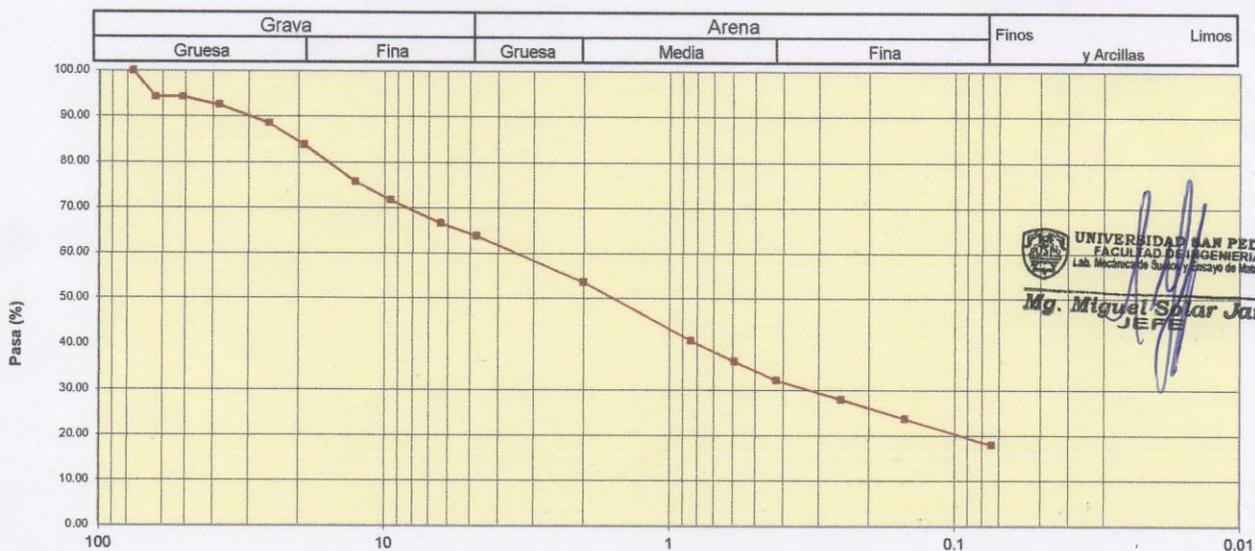
SOLICITA : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
 TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
 COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
 MUESTRA : AFIRMADO  
 CANTERA : PAMPA COLORADA  
 LUGAR : CASMA - SANTA - ANCASH  
 FECHA : 22/12/2020

Peso Seco Inicial	3970	gr.
Peso Seco Lavado	3256.2	gr.
Peso perdido por lavado	713.8	gr.


Tamiz(Apertura)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificació AASHTO
Nº (mm)					
2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a bueno como subgrado A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena
2"	226.4	5.7	5.7	94.3	
1 1/2"	37.50	1.7	7.4	92.6	
1"	22.50	4.0	11.4	88.6	Valor del índice de grupo (IG): 0
3/4"	19.00	4.8	16.2	83.8	
1/2"	320.0	8.1	24.3	75.7	Clasificación (S.U.C.S.)
3/8"	159.4	4.0	28.3	71.7	Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).
1/4"	203.1	5.1	33.4	66.6	Grava limosa con arena con bloques GM
Nº 4	107.0	2.7	36.1	63.9	
Nº 10	404.0	10.2	46.3	53.7	Pasa tamiz Nº 4 (%) : 63.9
Nº 20	512.8	12.9	59.2	40.8	Pasa tamiz Nº 200 (%) : 18.0
Nº 30	178.0	4.5	63.7	36.3	D60 (mm) : 3.70
Nº 40	164.9	4.2	67.8	32.2	D30 (mm) : 0.332
Nº 60	166.7	4.2	72.0	28.0	D10 (mm) :
Nº 100	169.8	4.3	76.3	23.7	Cu
Nº 200	227.1	5.7	82.0	18.0	Cc
< 200	713.8	18.0	100.0	0.0	
Total	3970.0			100.0	

Límite líquido LL	20.55
Límite plástico LP	18.21
Índice plasticidad IP	2.34

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE



**RESISTENCIA A LA ABRASION  
( MAQUINA DE LOS ANGELES)**

**SOLICITA** : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
**TESIS** : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
**LUGAR** : DISTRITO CASMA - PROVINCIA DE CASMA - ANCASH  
**CANTERA** : PAMPA COLORADA  
**MATERIAL** : AFIRMADO  
**FECHA** : 22/12/2020

**Peso de la muestra (gr.)** : 5000  
**Método** : A  
**Número de esferas** : 12  
**Número de revoluciones** : 500  
**Desgaste (%)** : 26.52

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.

**NOTA:** La muestra fue tomada en obra por personal tecnico de este laboratorio.

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



### EQUIVALENTE DE ARENA

**SOLICITA** : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
**TESIS** : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
**LUGAR** : CASMA - PROVINCIA DE CASMA - ANCASH  
**CANTERA** : PAMPA COLORADA  
**MATERIAL** : AFIRMADO  
**FECHA** : 22/12/2020

TAMAÑO MAXIMO mm	4.76	4.76
MUESTRA N°	1	2
HORA DE ENTRADA	10 : 36' : 25''	10 : 38' : 11''
HORA DE SALIDA	10 : 46' : 25''	10 : 48' : 11''
HORA DE ENTRADA	10 : 48' : 47''	10 : 50' : 03''
HORA DE SALIDA	11 : 08' : 47''	11 : 10' : 03''
Alt. Máx del mat. Fino	9.40	9.70
Alt. Máx de la arena	2.40	2.50
EQUIVALENTE DE ARENA	25.5	25.8
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	25.7	

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 2419.

**NOTA:** La muestra fué tomada de obra por personal técnico de este laboratorio.



**Mg. Miguel Solar Jara**  
A.E.F.E.



### CONTENIDO DE HUMEDAD

**SOLICITA** : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
**TESIS** : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
**FECHA** : 13/01/2020  
**MATERIAL** : AFIRMADO  
**CANTERA** : PAMPA COLORADA

ENSAYO N°	0 1	0.2
Peso de tara + MH	645.50	826.00
Peso de tara + MS	638.90	817.80
Peso de tara	175.50	209.20
Peso del agua	6.60	8.20
MS	463.40	608.60
Contenido de humedad (%)	1.42	1.35
Humedad Promedio (%)	1.39	

**NOTA** : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



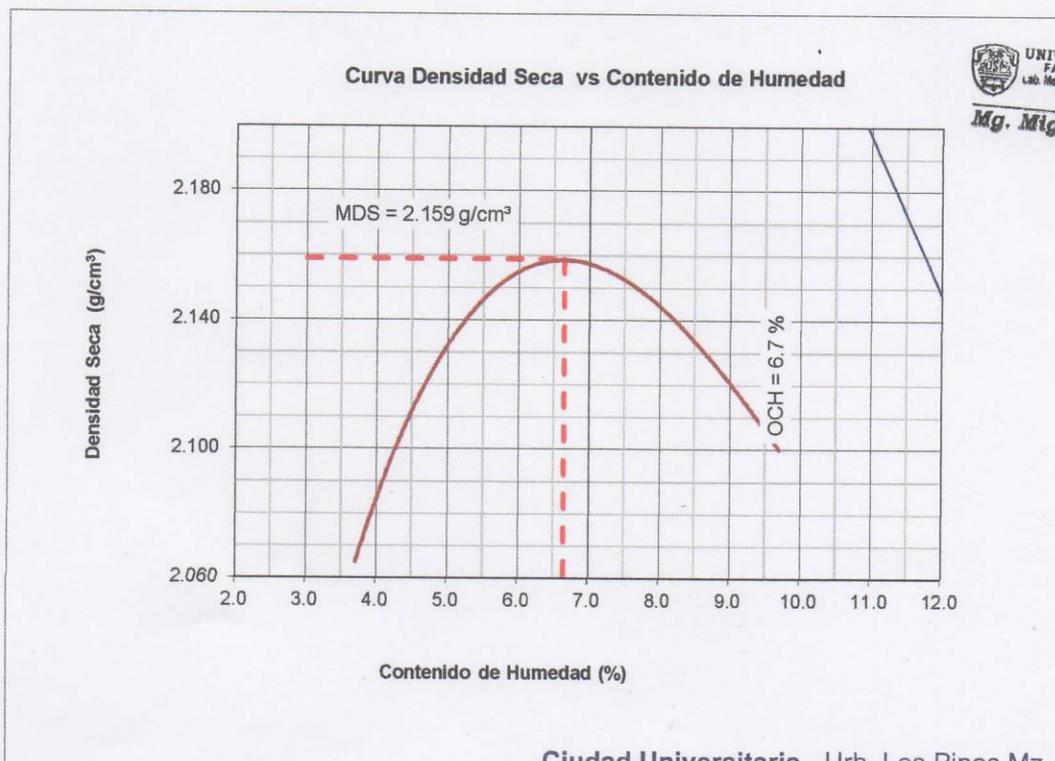
**PROCTOR MODIFICADO**

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
TESIS ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
CANTERA PAMPA COLORADA  
MATERIAL AFIRMADO  
FECHA 22/12/2020

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar				
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7544	7813	7934	7912
02 - Peso del Molde (g)	2672.0	2672.0	2672.0	2672.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4872.0	5141.0	5262.0	5240.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2275.0	2275.0	2275.0	2275.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.142	2.260	2.313	2.303
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	655.6	587.6	604.3	623.7
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	639.7	568.0	577.0	586.6
09 - Peso del agua (g)	15.9	19.6	27.3	37.1
10 - Peso del tarro (g)	207.5	202.5	209.7	204.5
11 - Peso suelo seco (g)	432.2	365.5	367.3	382.1
12 - Contenido de Humedad (%)	3.7	5.4	7.4	9.7
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	2.065	2.144	2.154	2.100

Contenido Optimo Humedad **6.7 %** Densidad Seca Maxima, **2.159 g/cm<sup>3</sup>**





**RELACION DE SOPORTE - CBR  
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
 TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
 COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
 CANTERA : PAMPA COLORADA  
 MATERIAL : AFIRMADO  
 LUGAR : CASMA - SANTA - ANCASH  
 FECHA : 22/12/2020

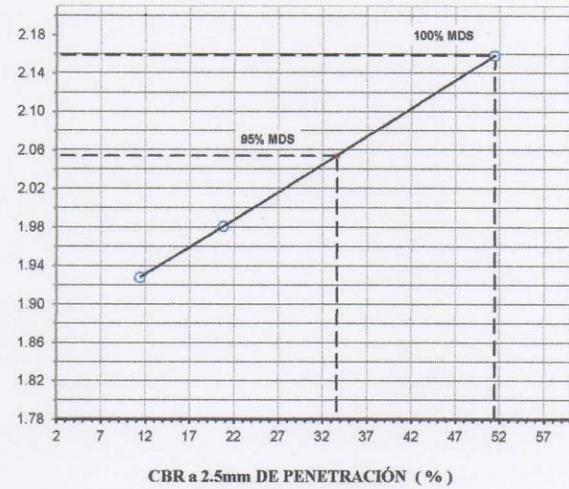
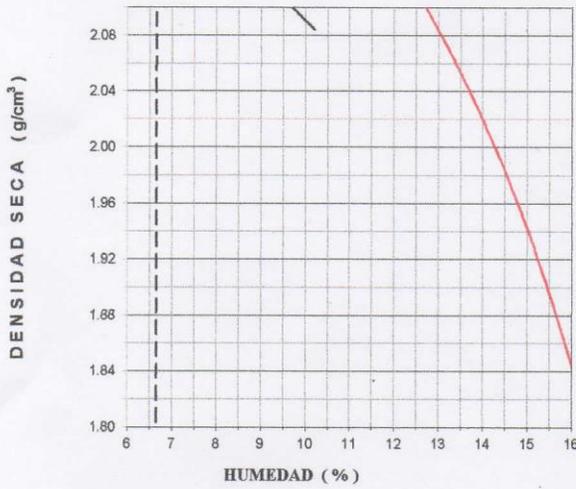
  
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

<b>Características</b>						
Numero de Molde		1	2	3		
Numero de Capas		5	5	5		
Numero de Golpe		56	25	12		
Energía Compactación [kg-cm]/cm <sup>3</sup>		27.7	12.2	6.1		
<b>Densidad Seca [CBR ]</b>						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)		9,740.0	9,297.0	8,890.0		
02 - Peso del molde (g)		4,432.0	4,577.0	4,572.0		
03 - Peso suelo humedo (g)		5,308.0	4,720.0	4,318.0		
04 - Volumen de molde, cm <sup>3</sup>		2,210.000	2,141.000	2,012.000		
05 - Densidad suelo humedo (g/cm <sup>3</sup> )		2.402	2.205	2.146		
06 - Tarro N°		0.0	0.0	0.0		
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)		609.9	576.9	688.6		
08 - Peso suelo seco + tarro (g)		568.6	535.2	635.6		
09 - Peso del agua (g)		41.3	41.7	53.0		
10 - Peso del tarro (g)		202.2	166.5	167.5		
11 - Peso suelo seco (g)		366.4	368.7	468.1		
12 - Contenido de humedad (%)		11.3	11.3	11.3		
13 - Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )		2.159	1.981	1.928		
<b>Saturación</b>						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Día 01	17-Oct-16	5.00PM	0.05	0.03	0.02	
Día 02	18-Oct-16	5.00PM	0.05	0.05	0.06	
Día 03	19-Oct-16	5.00PM	0.06	0.06	0.08	
Día 04	20-Oct-16	5.00PM	0.12	0.18	0.29	
Expansión, %			2.6	3.9	6.3	
<b>Absorción</b>						
Numero de molde		1	2	3		
01 - Peso suelo humedo antes (g)		5,308.0	4,720.0	4,318.0		
02 - Peso suelo embebido + molde (g)		9,816.3	9,373.3	8,975.3		
03 - Peso del molde (g)		4,432.0	4,577.0	4,572.0		
04 - Peso suelo embebido (g)		5,384.3	4,796.3	4,403.3		
05 - Peso del agua absorbida (g)		76.3	76.3	85.3		
06 - Peso del suelo seco (g)		4,770.3	4,240.4	3,878.8		
07 - Absorción de agua (%)		1.6	1.8	2.2		
<b>Penetración</b>						
<b>Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018</b>						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	11.0	74.7	5.0	49.2	4.0	44.9
1.3	45.0	219.1	28.0	146.9	11.0	74.7
1.9	68.0	316.9	49.0	236.1	21.0	117.2
2.5	120.0	537.82	60.0	282.87	30.0	155.39
3.2	198.0	869.2	88.0	401.8	42.0	206.4
3.8	258.0	1124.2	126.0	563.3	55.0	261.6
5.08	315.0	1366.4	170.0	750.3	62.0	291.4
7.6	450.0	1940.0	251.0	1094.5	80.0	367.9
10.16	546.0	2347.9	290.0	1260.2	87.0	397.6
12.7	630.0	2704.9	300.0	1302.7	94.0	427.3
Carga [%]	537.82 kgf. [39.5%]		282.87 kgf. [20.8%]		155.39 kgf. [11.4%]	



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]**

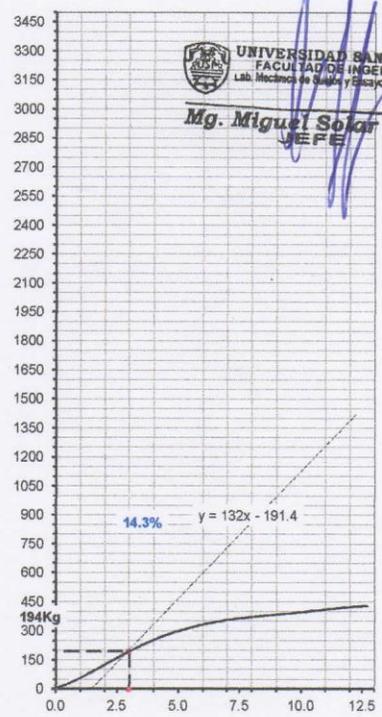
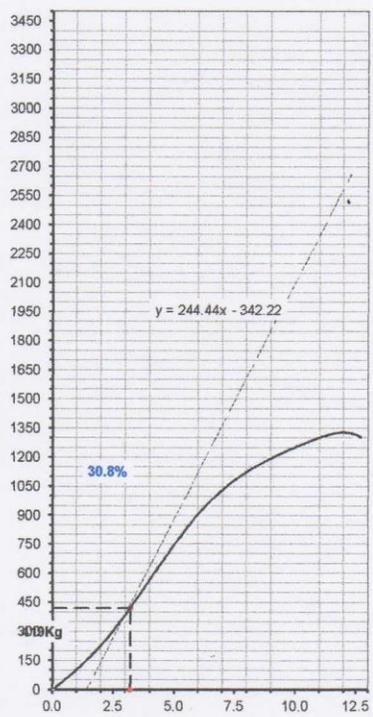
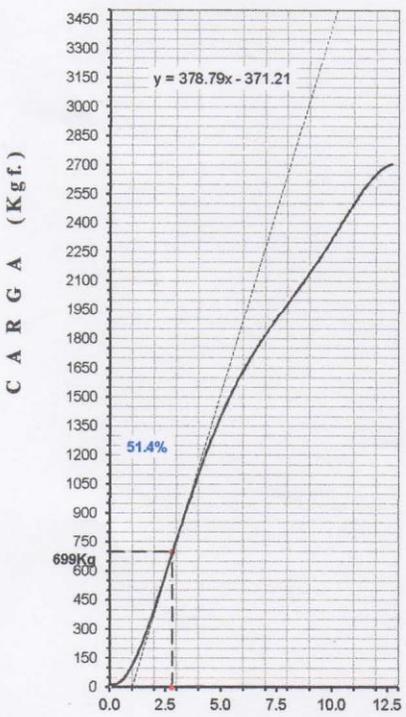
TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	C
PAMPA COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.159
SOLICITA : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.7
	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	51.4
	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	33.6
MATERIAL : AFIRMADO	EMBEBIDO : 4 DIAS	EXPANSIÓN : 2.6 %
CANTERA : PAMPA COLORADA	ABSORCIÓN : 1.6 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 8.3 %
FECHA : 22/12/2020		



- EC= 56 GOLPES ( 27.7 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

- EC= 25 GOLPES ( 12.2 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )

- EC= 12 GOLPES ( 6.1 Kg-cm/cm<sup>3</sup> )



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solari Jara**  
JEFE

**P E N E T R A C I Ó N ( m m )**



**RESISTENCIA A LA ABRASION  
( MAQUINA DE LOS ANGELES)**

**SOLICITA** : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
**TESIS** : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
**LUGAR** : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
**CANTERA** : LA SORPRESA  
**MATERIAL** : AFIRMADO  
**FECHA** : 22/12/2020

**Peso de la muestra (gr.)** : 5000  
**Método** : A  
**Número de esferas** : 12  
**Número de revoluciones** : 500  
**Desgaste (%)** : 16.48

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.

  
 **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D422)**

SOLICITA : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
 TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
 COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
 CANTERA : LA SORPRESA  
 FECHA : 22/12/2020

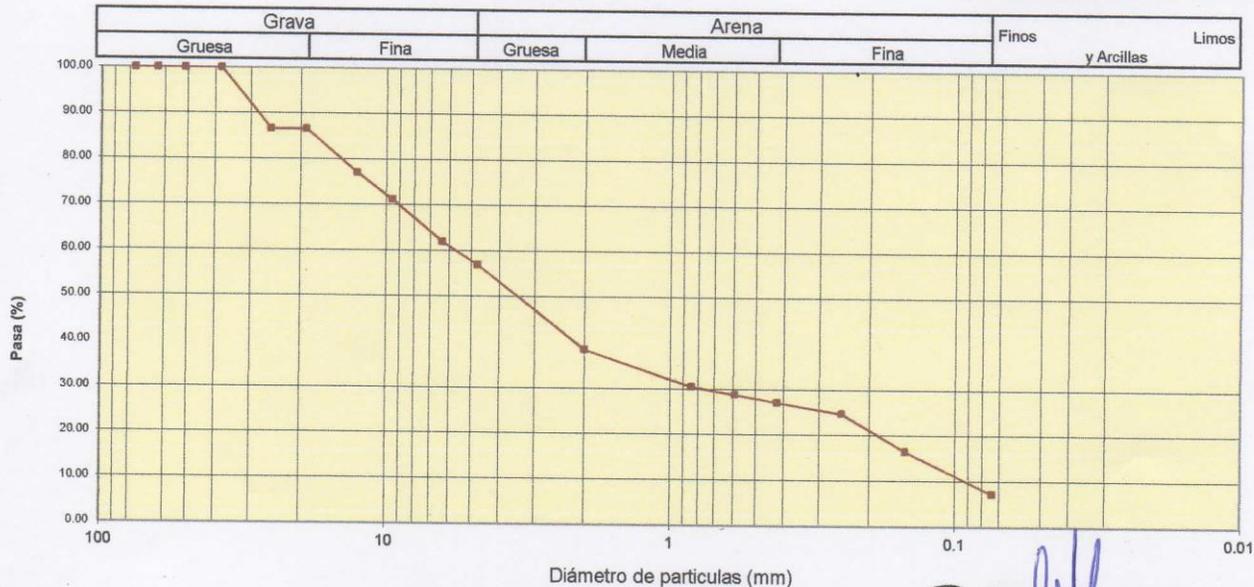
Peso Seco Inicial	1000	gr.
Peso Seco Lavado	928.2	gr.
Peso perdido por lavado	71.8	gr.

CALICATA :
ESTRATO :
PROF. (m) :

Tamiz(Abertura)		Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificación AAHSTO
N°	(mm)					
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a bueno como subgrado A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	22.50	134.4	13.4	13.4	86.6	Valor del índice de grupo (IG):
3/4"	19.00	0.0	0.0	13.4	86.6	
1/2"	12.50	96.0	9.6	23.0	77.0	Clasificación (S.U.C.S.)
3/8"	9.50	58.3	5.8	28.9	71.1	
1/4"	6.30	91.4	9.1	38.0	62.0	Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).
N° 4	4.75	50.0	5.0	43.0	57.0	
N° 10	2.00	184.1	18.4	61.4	38.6	Grava bien graduada con limo con arena GW GM
N° 20	0.850	80.5	8.1	69.5	30.5	Pasa tamiz N° 4 (%) : 38.6
N° 30	0.600	17.0	1.7	71.2	28.8	Pasa tamiz N° 200 (%) : 7.2
N° 40	0.425	16.7	1.7	72.8	27.2	D60 (mm) : 5.72
N° 60	0.250	24.2	2.4	75.3	24.7	D30 (mm) : 0.762
N° 100	0.150	82.5	8.3	83.5	16.5	D10 (mm) : 0.096
N° 200	0.075	93.1	9.3	92.8	7.2	Cu : 59.30
< 200		71.8	7.2	100.0	0.0	Cc : 1.054
Total		1000.0			100.0	

Límite líquido LL	0
Límite plástico LP	0
Índice plasticidad IP	0

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE



### EQUIVALENTE DE ARENA

SOLICITA : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
CANTERA : LA SORPRESA  
MATERIAL : AFIRMADO  
FECHA : 22/12/2020

TAMANO MAXIMO mm	4.76	4.76
MUESTRA N°	1	2
HORA DE ENTRADA	10 : 26' : 17''	10 : 28' : 42''
HORA DE SALIDA	10 : 36' : 17''	10 : 38' : 42''
HORA DE ENTRADA	10 : 38' : 33''	10 : 40' : 28''
HORA DE SALIDA	10 : 58' : 33''	11 : 00' : 28''
Alt. Máx del mat. Fino	4.50	4.35
Alt. Máx de la arena	2.80	3.00
EQUIVALENTE DE ARENA	62.2	69.0
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	65.6	

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM D - 2419.

NOTA : La muestra fue tomada de cantera por el personal tecnico de este laboratorio.

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



### **CONTENIDO DE HUMEDAD**

**SOLICITA** : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
**TESIS** : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
**FECHA** : 13/01/2020  
**MATERIAL** : AFIRMADO  
**CANTERA** : LA SORPRESA

<b>ENSAYO N°</b>	<b>0 1</b>	<b>0.2</b>
Peso de tara + MH	575.60	726.00
Peso de tara + MS	572.20	721.80
Peso de tara	175.50	209.20
Peso del agua	3.40	4.20
MS	396.70	512.60
Contenido de humedad (%)	0.86	0.82
<b>Humedad Promedio (%)</b>	<b>0.84</b>	

**NOTA** : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.

  
 **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Soler Jara**  
**JEFE**



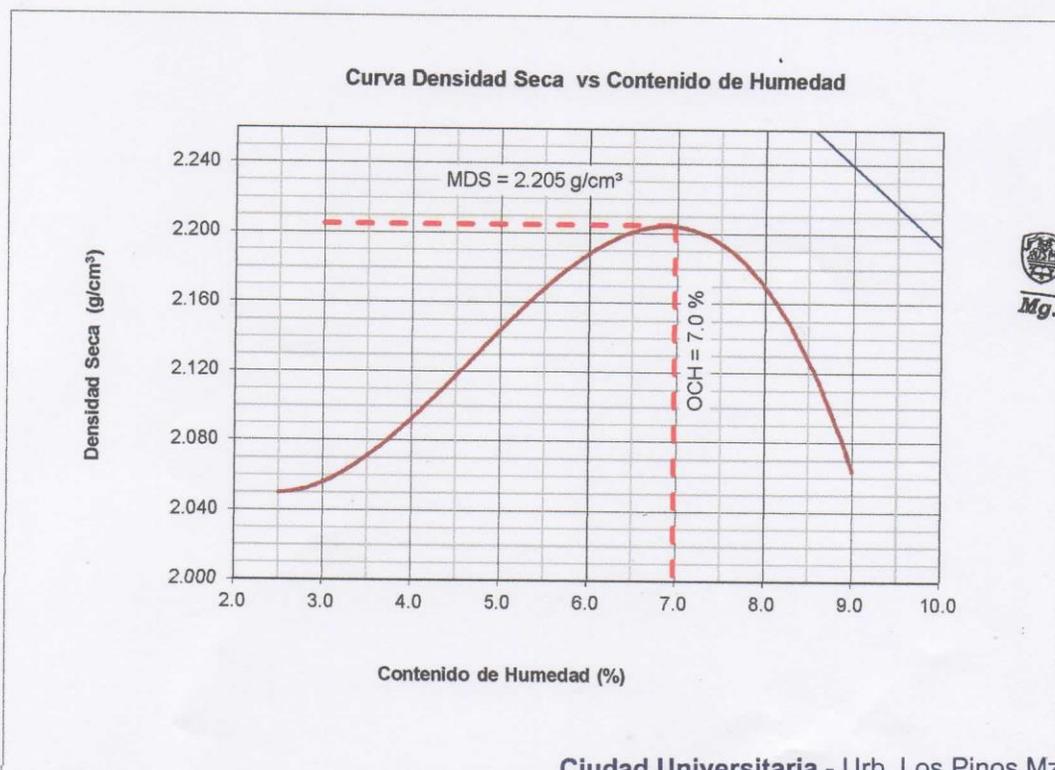
**PROCTOR MODIFICADO**

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
CANTERA : LA SORPRESA  
MATERIAL : AFIRMADO  
FECHA : 22/12/2020

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm <sup>3</sup>			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7470.3	7926.0	8004.0	7808.0
02 - Peso del Molde (g)	2690.0	2690.0	2690.0	2690.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4780.3	5236.0	5314.0	5118.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2275.0	2275.0	2275.0	2275.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.101	2.302	2.336	2.250
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	664.0	694.0	738.0	862.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	652.0	668.0	704.0	808.0
09 - Peso del agua (g)	12.0	26.0	34.0	54.0
10 - Peso del tarro (g)	166.0	208.0	166.0	210.0
11 - Peso suelo seco (g)	486.0	460.0	538.0	598.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.5	5.7	6.3	9.0
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	2.050	2.177	2.197	2.064

Contenido Optimo Humedad **7.0 %** Densidad Seca Maxima, **2.205 g/cm<sup>3</sup>**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR**

**NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : BACH. DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA  
 TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA  
 COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020  
 CANTERA : LA SORPRESA  
 MATERIAL : AFIRMADO  
 FECHA : 22/12/2020

<b>Características</b>					
Numero de Molde	1		2		3
Numero de Capas	5		5		5
Numero de Golpe	56		25		12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm <sup>3</sup>	27.7		12.2		6.1
<b>Densidad Seca [CBR ]</b>					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,460.8		9,930.3		9,282.9
02 - Peso del molde (g)	4,460.0		4,898.0		4,695.0
03 - Peso suelo humedo (g)	5,000.8		5,032.3		4,587.9
04 - Volumen de molde, cm <sup>3</sup>	2,120.0		2,222.0		2,140.0
05 - Densidad suelo humedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.359		2.265		2.144
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	510.1		493.2		510.4
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	487.5		470.1		488.1
09 - Peso del agua (g)	22.6		23.1		22.3
10 - Peso del tarro (g)	164.0		140.0		170.0
11 - Peso suelo seco (g)	323.5		330.1		318.1
12 - Contenido de humedad (%)	7.0		7.0		7.0
13 - Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	2.205		2.117		2.004
<b>Saturación</b>					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01			0.0	0.0	0.0
Dia 02			0.0	0.0	0.0
Dia 03			0.0	0.0	0.0
Dia 04			0.0	0.0	0.0
Expansión, %			0.0	0.0	0.0
<b>Absorcion</b>					
Numero de molde	1		2		3
01 - Peso suelo humedo antes (g)	5,000.8		5,032.3		4,587.9
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9,510.6		9,986.8		9,341.6
03 - Peso del molde (g)	4,460.0		4,898.0		4,695.0
04 - Peso suelo embebido (g)	5,050.6		5,088.8		4,646.6
05 - Peso del agua absorbida (g)	49.8		56.6		58.7
06 - Peso del suelo seco (g)	2,074.3		2,175.9		2,098.0
07 - Absorción de agua (%)	2.4		2.6		2.8
<b>Penetración</b>					
<b>Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018</b>					
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	43.4	212.2	32.5	166.2	22.3 122.7
1.3	109.6	493.8	84.4	386.7	60.6 285.6
1.9	166.5	735.6	129.0	576.1	93.5 425.4
2.5	231.1	1009.8	179.5	790.8	130.9 584.0
3.2	291.6	1266.9	226.9	992.1	165.9 732.6
3.8	339.5	1470.6	264.5	1151.6	193.6 850.4
5.08	409.0	1765.7	318.9	1382.8	233.7 1021.1
7.6	540.4	2324.3	421.8	1820.3	309.8 1344.2
10.16	680.3	2918.5	531.3	2285.6	390.6 1687.8
12.7	750.2	3215.6	586.1	2518.3	431.1 1859.6
Carga [%]	1009.83 kgf. [74.2%]		790.83 kgf. [58.1%]		584 kgf. [42.9%]

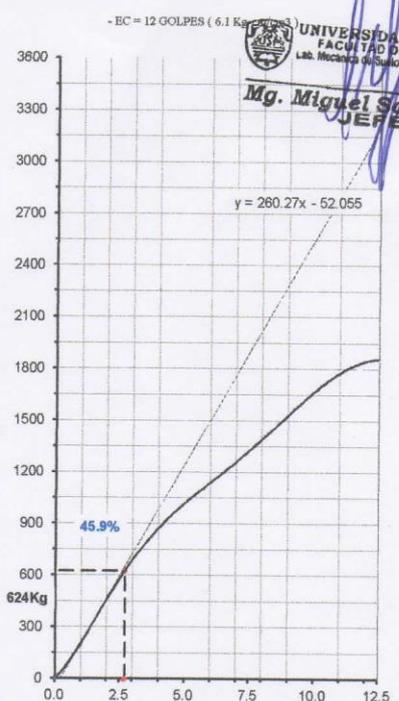
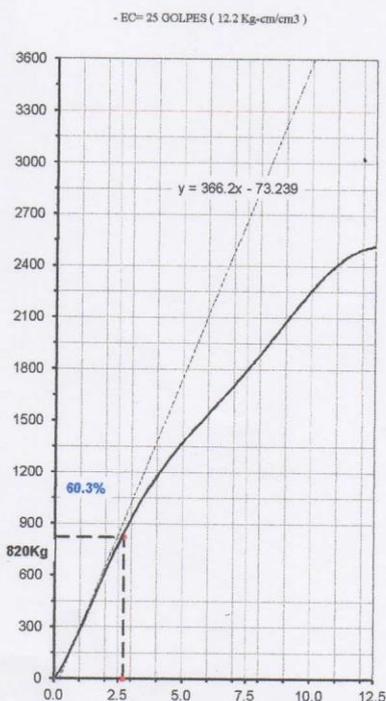
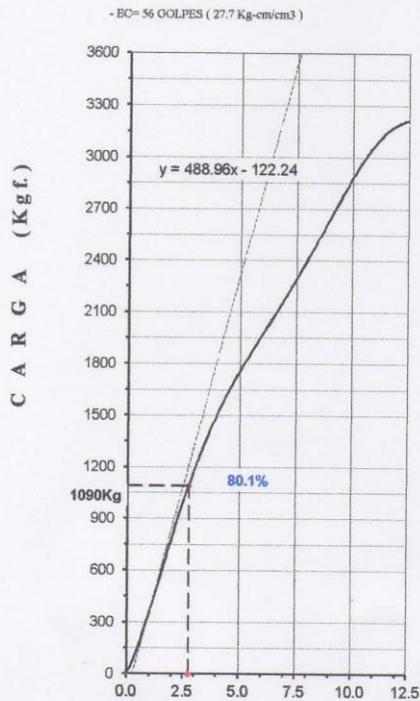
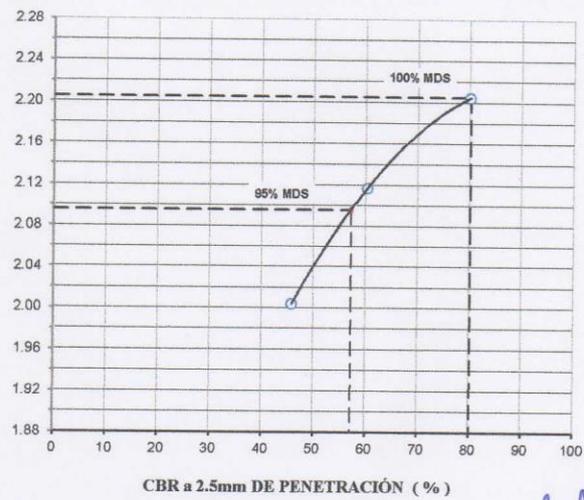
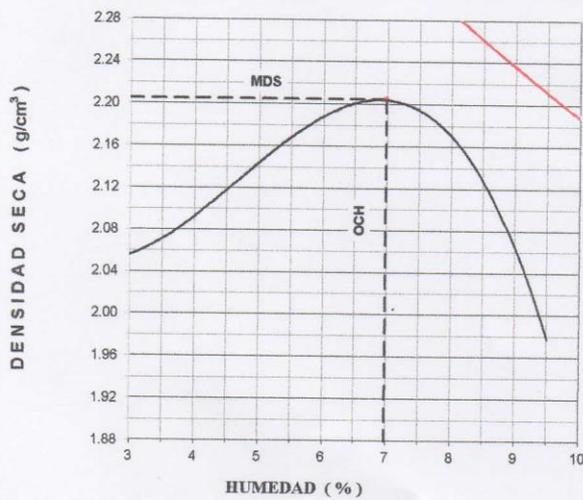
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LAB. Mecanica de Suelos y Ensayo de Materiales

Miguel Solar Jara  
JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ ASTM D-1883 ]**

TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL AFIRMADO DE LAS CANTERAS P	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)				C
PAMPA COLORADA Y LA SORPRESA-CHIMBOTE 2020	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )				2.205
SOLICITA : BACH, DOMÍNGUEZ DÁVALOS, YUDITH DIANA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				7.0
	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)				80.1
	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)				57.2
MATERIAL : AFIRMADO	RET. ACUM. 3/4" : 13.4%	3/8" : 28.9%	N°4 : 43%	- N°200 : 7.2%	
CANTERA : LA SORPRESA	SUCS : GW-GM	LL : --	IP : --	G <sub>s</sub> : --	
UBICACIÓN : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH	AASHTO : A-1-a (0)	EMBEBIDO : 1 días	EXPANSIÓN :	S/E	
FECHA : 22/12/2020	ABSORCIÓN : 2.4 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 9.4 %			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE

P E N E T R A C I Ó N ( m m )