

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Caracterización de agregados aluviales y evaluación de adherencia en distintas fuentes de producción para mezcla asfáltica en caliente, Huancayo 2019**

Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Civil

Huancayo, 2020

---

---

---

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Rando Porras Olarte

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida, por su amor y permitir tener a mi familia unida, a mi familia por tener siempre su apoyo incondicional en cada nuevo proyecto, agradezco a la vida por permitirme disfrutar de los bellos momentos. No ha sido fácil llegar hasta aquí, pero con esfuerzo y dedicación puedo permitirme la culminación de esta tesis. Hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mis padres porque son el pilar fundamental durante todos estos años de formación profesional, ya que con su esfuerzo, amor, apoyo incondicional y valores supieron guiarme durante todo este proceso. A mis hermanos, Lisbeth y Francisco, porque fueron ejemplo durante mi formación para alcanzar mis metas.

## ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
ÍNDICE .....	VI
LISTA DE TABLAS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>14</b>
1.1. Planteamiento del Problema .....	14
1.2. Formulación del Problema .....	16
1.2.1. Problema General .....	16
1.2.2. Problemas Específicos .....	16
1.3. Objetivo general.....	17
1.3.1. Objetivos específicos .....	17
1.4. Justificación e importancia .....	17
1.4.1. Justificación práctica .....	17
1.4.2. Justificación económica.....	17
1.4.3. Justificación metodológica.....	18
1.4.4. Importancia .....	18
1.5. Delimitación de la investigación.....	18
1.5.1. Delimitación espacial.....	18
1.5.2. Delimitación temporal.....	18
1.5.3. Delimitación conceptual.....	19
1.6. Hipótesis y descripción de variables.....	19
1.6.1. Hipótesis General.....	19
1.6.2. Hipótesis Específicas .....	19
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
2.1. Antecedentes del Problema .....	20
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	24
2.2. Bases Teóricas .....	27
2.2.1. Agregados .....	27
2.2.2. Canteras .....	27
2.2.3. Tipos de mezclas asfálticas.....	28
2.2.4. Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC).....	29
2.2.5. Método Universal de Caracterización de Ligantes (UCL) .....	32
2.2.6. Adherencia en Bandeja MTC E 520.....	33
2.3. Definición de Términos Básicos .....	34
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>36</b>
3.1. Métodos y alcance de la investigación .....	36
3.1.1. Método de Investigación.....	36
3.1.2. Nivel.....	36
3.1.3. Tipo.....	37
3.2. Diseño de la investigación.....	37
3.3. Población y muestra.....	37
3.3.1. Población .....	37
3.3.2. Muestra.....	37
3.3.3. Muestreo .....	38
3.4. Técnicas de recolección de datos .....	38

3.5.	Instrumento de análisis de datos .....	38
3.6.	Variables .....	38
3.6.1.	Variable Independiente.....	38
3.6.2.	Variables Dependientes .....	38
3.7.	Operacionalización .....	39
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS .....</b>		<b>40</b>
4.1.	Descripción de las fuentes de agregado aluvial en estudio .....	40
4.1.1.	Ubicación .....	41
4.2.	Estudios Previos .....	45
4.2.1.	Estudios de Campo .....	45
4.2.2.	Estudios de Laboratorio.....	45
4.3.	Resultados del Estudio .....	46
4.3.1.	OE 1 – Caracterización de Agregados Aluviales .....	46
4.3.2.	OE 2 – Porcentaje de Adherencia.....	64
4.3.3.	OE 3 – Porcentaje de Pérdida al Cántabro UCL.....	74
4.3.4.	OE 4 – Fuente de mejores Características físicas.....	98
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>106</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>108</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>112</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de la variable .....	39
Tabla 2: Porcentaje de absorción finos – Muestra 1 .....	47
Tabla 3: Porcentaje de absorción finos – Muestra 2 .....	48
Tabla 4: Porcentaje de absorción finos – Muestra 3 .....	48
Tabla 5: Peso específico y porcentaje de absorción gruesos – Muestra 1 .....	50
Tabla 6: Peso específico y porcentaje de absorción gruesos – Muestra 2.....	51
Tabla 7: Peso específico y porcentaje de absorción gruesos – Muestra 3.....	51
Tabla 8: Datos de caras fracturadas - Chupuro .....	54
Tabla 9: Datos de caras fracturadas - Matahuasi.....	54
Tabla 10: Datos de caras fracturadas - Pilcomayo.....	55
Tabla 11: Resumen de datos - Caras fracturadas.....	58
Tabla 12: Partículas chatas - Chupuro.....	59
Tabla 13: Partículas chatas - Matahuasi.....	60
Tabla 14: Partículas chatas - Pilcomayo.....	60
Tabla 15: Partículas alargadas - Chupuro.....	60
Tabla 16: Partículas alargadas - Matahuasi.....	61
Tabla 17: Partículas alargadas - Pilcomayo.....	61
Tabla 18: Resumen de chatas por agregado aluvial .....	61
Tabla 19: Resumen de alargadas por agregado aluvial .....	62
Tabla 20: Agregado Chupuro – Muestra 1 .....	65
Tabla 21: Porcentaje adherencia Chupuro – Muestra 1 .....	67
Tabla 22: Agregado Matahuasi – Muestra 1 .....	67
Tabla 23: Porcentaje Adherencia Matahuasi – Muestra 1 .....	69
Tabla 24: Agregado Pilcomayo – Muestra 1 .....	70
Tabla 25: Porcentaje adherencia Pilcomayo – Muestra 1.....	72
Tabla 26: Comparación de adherencia por fuente aluvial.....	73
Tabla 27: Granulometría piedra ½” - Chupuro .....	75
Tabla 28: Granulometría arena chancada - Chupuro .....	76
Tabla 29: Granulometría piedra ½” - Matahuasi.....	78
Tabla 30: Granulometría arena chancada - Matahuasi .....	79
Tabla 31: Granulometría arena natural - Matahuasi.....	81
Tabla 32: Granulometría piedra ¾” - Pilcomayo.....	83
Tabla 33: Granulometría arena chancada - Pilcomayo .....	85
Tabla 34: Combinación de agregados - Chupuro.....	88
Tabla 35: Pesos elaboración briqueta – Chupuro .....	89
Tabla 36: Combinación de agregados - Matahuasi .....	91
Tabla 37: Pesos elaboración briqueta – Matahuasi.....	92

Tabla 38: Combinación de agregados - Pilcomayo .....	94
Tabla 39: Pesos elaboración briqueta – Pilcomayo.....	95
Tabla 40: Pesos por pérdida al cántabro - UCL .....	97
Tabla 41: Peso específico y absorción Pilcomayo .....	99
Tabla 42: Caras Fracturadas Pilcomayo.....	99
Tabla 43: Partículas chatas y alargadas Pilcomayo .....	100
Tabla 44: Prueba de normalidad – Absorción de gruesos .....	101
Tabla 45: Prueba de normalidad – Absorción de finos .....	101
Tabla 46: Prueba de normalidad – Porcentaje de adherencia .....	101
Tabla 47: Prueba de normalidad – UCL.....	101
Tabla 48: Tabla por tipo de correlación de variables.....	103
Tabla 49: Correlación bivariada por Absorción gruesos - Adherencia .....	104
Tabla 50: Correlación bivariada por Absorción gruesos - UCL .....	104
Tabla 51: Correlación bivariada por Absorción finos - UCL .....	105

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pavimento con presencia de fallas por pérdida de adherencia .....	15
Figura 2: Constantes parchados con tierra por usuarios locales .....	16
Figura 3: Tendido de mezcla asfáltica .....	31
Figura 4: Ubicación de planta chancadora - Chupuro .....	42
Figura 5: Fuente agregado aluvial - Chupuro.....	42
Figura 6: Ubicación de planta chancadora - Pilcomayo.....	43
Figura 7: Fuente agregado aluvial - Pilcomayo .....	43
Figura 8: Ubicación de planta chancadora - Matahuasi.....	44
Figura 9: Fuente agregado aluvial - Matahuasi .....	44
Figura 10: Resumen de porcentajes de absorción - Finos .....	49
Figura 11: Resumen de porcentajes de absorción - gruesos.....	53
Figura 12: Resumen de caras fracturadas – 1 Cara.....	56
Figura 13: Resumen de caras fracturadas – >2 Caras.....	57
Figura 14: Resumen general de caras fracturadas .....	58
Figura 15: Resumen partículas chatas por fuente aluvial .....	62
Figura 16: Resumen partículas alargadas por fuente aluvial.....	63
Figura 17: Diagrama de Chupuro – M1.....	66
Figura 18: Diagrama de Matahuasi – M1 .....	69
Figura 19: Diagrama de Pilcomayo – M1 .....	72
Figura 20: Comparación de adherencia por fuente aluvial .....	73
Figura 21: Curva granulométrica piedra ½” - Chupuro .....	76
Figura 22: Curva Granulométrica arena chancada - Chupuro .....	77
Figura 23: Curva granulométrica piedra ½” - Matahuasi.....	79
Figura 24: Curva granulométrica arena chancada - Matahuasi.....	81
Figura 25: Curva granulométrica arena natural - Matahuasi.....	83
Figura 26: Curva granulométrica piedra ¾” - Pilcomayo.....	85
Figura 27: Curva granulométrica arena chancada - Pilcomayo .....	87
Figura 28: Curva granulométrica – Chupuro MAC.2.....	89
Figura 29: Curva granulométrica – Matahuasi MAC.2.....	92
Figura 30: Curva granulométrica – Pilcomayo MAC.1.....	95
Figura 31: Resumen general UCL – Fuente aluvial.....	98

## RESUMEN

La siguiente investigación analizó de manera comparativa, el comportamiento en laboratorio de las propiedades físicas de las mezclas asfálticas con agregados producidos bajo procesos de trituración en plantas chancadoras de distintas fuentes aluviales. De esta manera se pretende evaluar la adherencia presentada ante el ligante asfáltico de las plantas procesadoras de agregado ubicadas en Chupuro, Pilcomayo y Matahuasi, las cuales se emplean con mayor frecuencia en los proyectos de pavimentación con mezcla asfáltica en caliente de la localidad.

La investigación evaluó independientemente las propiedades y características de los agregados provenientes de las distintas plantas chancadoras, con la intención de buscar una relación entre la capacidad de adherencia del agregado y sus características específicas. En primer lugar, se evaluaron el peso específico y la absorción de cada una de las muestras para determinar la porosidad de estas, se determinó también las partículas alargadas y chatas, así como el índice de aplanamiento para evaluar la calidad de los áridos. Posteriormente se determinó el porcentaje de adherencia evaluado bajo el cumplimiento del procedimiento de adherencia en bandeja de la normativa MTC E 520 y de la inventiva de caracterización de ligantes (UCL) que asimila la adherencia de las mezclas bituminosas bajo el porcentaje de quebranto en la masa al cántabro.

Finalmente se halló que la fuente de agregado pluvial que provee a la mezcla asfáltica con las mejores características de calidad, y además de contar con porcentaje de adherencia superior de 45%, es el agregado derivado de la planta chancadora de Pilcomayo, donde presenta un porcentaje de absorción de 1.11% y características estructurales dentro de los parámetros permisibles.

**Palabras clave:** Adherencia, agregados, plantas chancadoras, mezclas bituminosas en caliente, fuentes aluviales.

## ABSTRACT

The following research seeks to analyze in a comparative way, the laboratory behavior of the physical properties of asphalt mixtures produced with aggregates produced under crushing processes in crushing plants from different alluvial sources. In this way, evaluate the adhesion presented to the asphalt binder of the aggregate processing plants located in Chupuro, Pilcomayo and Matahuasi; which are used more frequently in paving projects with hot asphalt mixing of the town.

The research independently evaluates the properties and characteristics of the aggregates from the different crushing plants, with the intention of seeking a relationship between the adhesion capacity of the aggregate and its specific characteristics. First, the specific weight and absorption of each of the samples were evaluated to determine their porosity, the flat and elongated particles were also determined, as well as the flattening index to assess the quality of the aggregates. Finally, the percentage of adhesion evaluated under compliance with the MTC E 520 tray adhesion regulations and the binder characterization methodology (UCL) that determines the adhesion of asphalt mixtures under the percentage of mass loss at Cantabrian

Finally, it was found that the source of aggregate that provides the asphalt mixture with the best quality characteristics and in addition to having a higher adhesion percentage of 45% is the aggregate derived from the Pilcomayo crushing plant, where it presents a percentage of absorption of 1.11% and structural characteristics within the permissible parameters.

**Key words:** Adhesion, aggregates, crushing plants, hot asphalt mix, alluvial sources.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se cuenta con una realidad problemática local de una red vial que necesita constantemente mantenimiento ante la aparición temprana de fallas, estos problemas pueden ser atribuibles al tráfico intenso, así como también al deterioro acelerado, producto de los agentes climáticos a los que se encuentra expuesto el pavimento, lo que genera una pérdida de adherencia entre el ligante asfáltico y los áridos.

Se tiene que en la construcción de pavimentos cada vez es más común el emplear aditivos Antistripping para mejorar la adherencia en la mezcla bituminosa, promotora de incrementar las condiciones físicas de esta. El estudiar la adherencia presente dentro de la mezcla asfáltica nos permite cuantificar la afinidad existente entre los componentes de la mezcla bituminosa, y por lo tanto proyectar que desprendimiento puede llegar a tener un pavimento asfáltico conformado por el paso de los años, ante el efecto de la humedad, las cargas de tráfico y condiciones ambientales de la localidad, ya que estas variarán su comportamiento dependiendo de la fuente de donde se obtenga el agregado. Por ello se proyecta estudiar las fuentes procesadoras de agregados pluvial utilizadas comúnmente en la fabricación de mezcla asfáltica en caliente.

Es necesario contar con la normativa correspondiente que nos permita evaluar las condiciones físicas de cada una de estas y relacionar el comportamiento físico de las propiedades del agregado con la adherencia que presenten las distintas mezclas asfálticas fabricadas con agregados de distintas fuentes aluviales. Por ello se harán ensayos como; adherencia en bandeja, método universal de caracterización de ligantes UCL, absorción, peso específico, índice de aplanamiento y caras fracturadas.

Generalmente, la investigación abordará el conocimiento sobre la importancia de las propiedades físicas en la mezcla asfáltica en caliente, de las diversas fuentes aluviales de agregado, con lo que se busca tener una mayor certeza y brindando una opción más eficiente al elegir un agregado de condiciones óptimas

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El sector de explotación de canteras para áridos representa una solución casi totalmente anárquica en sus formas y sus planteamientos, en donde es suficiente una simple autorización para que se inicien los trabajos, a un nivel internacional se tiene que en la normativa española es necesario un cúmulo de exigencias técnicas de calidad, sociales, medioambientales, que obligan al contratista en cumplimiento de una serie de requerimientos en el planteamiento y el desarrollo del proyecto. Por otro lado, continuamente las especificaciones se vuelven cada vez más exigentes y más difíciles de cumplir debido a la forma natural de los propios yacimientos en sus propiedades originarias, valorando la eficiencia y calidad de la cantera aluvial (granulometría y pérdida al lavado); asimismo también se estudia las características del material para el diseño de mezclas y corrección de humedades (granulometría, masa volumétrica, pérdida por lavado, humedad y densidad relativa). Todo esto en muchas ocasiones no llega a cumplirse por lo que es necesario acudir al empleo de un aditivo mejorador que optimice las características físicas y mecánicas para el correcto funcionamiento y operación del diseño de mezcla según los requerimientos del reglamento y supervisión español solo para agregados pétreos. (Universidad Politécnica de Madrid, 2007)

En contraste, a nivel nacional, Perú cuenta dentro de su normativa según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, un apartado de ensayos para los agregados basados en normativas internacionales; lastimosamente, muchas veces en la práctica en muchas vías asfálticas, se limitan a cumplir solo con la granulometría exigida según el tipo de diseño MAC de las vías a asfaltar por lo que se

relega los estudios de propiedades físicas en la mezcla asfáltica en caliente, trabajando a partir de lo requerido según el ensayo de Marshall MTC E 504, que se orienta en determinar la resistencia y la fluencia de mezcla asfáltica en caliente. Todo esto ocurre también debido a limitantes económicos, producto de escasos o de disponibilidad limitada de canteras en la zona, por lo que explotar el material pétreo de una cantera más alejada o emplear un asfalto modificado, significa un aumento dramático del costo final del proyecto, por ello las características físicas como la adherencia y cohesión de mezcla bituminosa se deja de lado, por lo que puede ocasionar la presencia de fallas tempranas en el pavimento asfáltico, además de reducir significativamente el tiempo de vida útil de vía. (Morante Moscol, 2017)

Convenientemente en la región de Junín se cuenta con una cantidad importante de ríos por que se dispone de canteras de agregados pétreos de donde se dispone material para las construcciones de obras viales, aunque comúnmente el factor más importante que se toma es el reducir el costo de flete por cubo de agregado, sería un aporte importante el investigar qué cantera presenta características mecánicas y físicas según lo requerido en cada obra. Ya que las vías asfálticas varían sus requerimientos según el tráfico vehicular al que están expuestos o a las características climáticas de la zona, lo cual genera un factor erosivo en la vía que daña y reduce el porcentaje de adherencia que se presenta entre el agregado y el asfalto generando fallas en el pavimento que perjudican el nivel de servicio y aumentan los gastos de mantenimiento de las vías.

**Figura 1: Pavimento con presencia de fallas por pérdida de adherencia**



**Fuente: propia**

**Figura 2: Constantes parchados con tierra por usuarios locales**



**Fuente: propia**

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la fuente de producción de agregados aluviales que presentan mayores ventajas en las mezclas asfálticas en caliente en Huancayo 2019?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Qué propiedades presentan los agregados aluviales de las distintas fuentes de producción en Huancayo 2019?
- ¿Cómo varía el porcentaje de adherencia de los agregados de las distintas fuentes de producción en la mezcla asfáltica en caliente en Huancayo 2019?
- ¿Cuál es la pérdida al cántabro según el método universal de caracterización de ligantes (UCL) de la mezcla asfáltica en caliente elaborada con los agregados de las distintas fuentes de producción en Huancayo 2019?

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la fuente de producción de agregados aluviales que presentan mayores ventajas en las mezclas asfálticas en caliente en Huancayo 2019.

#### **1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar los agregados aluviales de las distintas fuentes de producción en Huancayo 2019.
- Evaluar el porcentaje de adherencia de los agregados de las distintas fuentes de producción en la mezcla asfáltica en caliente en Huancayo 2019.
- Evaluar la pérdida al cántabro según el método universal de caracterización de ligantes (UCL) de la mezcla asfáltica en caliente elaborada con los agregados de las distintas fuentes de producción en Huancayo 2019.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

#### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

En este presente estudio se aportará información útil determinando la fuente de agregado aluvial que presenta un porcentaje de adherencia superior en comparación de otras fuentes de agregado y la caracterización básica de cada agregado, aplicando también una metodología novedosa como lo es la obtención de la adherencia mediante el método de universal de caracterización de ligantes.

#### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Esta investigación representa una respuesta ante la necesidad de mejorar las propiedades físicas de adherencia que son despreciadas comúnmente y generan gastos de mantenimiento y operación en las vías, por lo que poder llegar a emplear el agregado de una determinada ubicación podría representar una mejora significativa en el tiempo de vida útil de la carretera evitando gastos adicionales de asfaltos modificados o aditivos Antistripping, generando un impacto positivo en la economía local.

### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Esta presente investigación determinará la caracterización en los áridos disponibles para mezcla asfáltica en caliente, analizando el comportamiento de estas para el porcentaje de adherencia hallado a través de la aplicación un procedimiento de ensayos propuestos por el MTC E 520 (Adherencia en bandeja) y el método de caracterización de ligantes (UCL).

### **1.4.4. IMPORTANCIA**

El valor del presente estudio radica en la determinación del árido que presente un mayor porcentaje de adherencia según sus características naturales, sin la necesidad de emplear un aditivo se podría llegar a brindar una opción económica para zonas de la localidad que requieran un tratamiento especial debido a un requerimiento de mayor adherencia en sus propiedades físicas, además de que se aportará información útil en el manejo de normativa internacional para la aplicación de estudio de agregados gruesos y finos.

## **1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Esta investigación se desarrollará en el distrito de Huancayo, por ello es que se analizará las fuentes de producción de agregados aluviales aprovechables en la localidad, por lo que se limita a esta región debido a que aplicar el presente estudio en un lugar relativamente más alejado representaría un gasto muy elevado de transporte lo cual sería contraproducente ya que si se tiene la necesidad de aumentar el porcentaje de adherencia sería mejor emplear un aditivo mejorador o un asfalto modificado.

### **1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

La delimitación temporal de la presente investigación se basa en el tiempo que representa realizar los ensayos de MTC E 520 (Adherencia en bandeja) y el método de caracterización de ligantes (UCL) ya que el tiempo que demandan es bastante elevado, además de que se requiere realizar la caracterización de los áridos en las

distintas fuentes de producción, por lo que se proyecta requerir al menos 5 meses para la culminación del estudio.

### **1.5.3. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL**

La delimitación conceptual de la presente investigación se basa en que la normativa nacional es bastante escasa y poco detallada, por ello es determinante apoyarse en la normativa internacional donde se estudiaron propiedades físicas de mezcla bituminosa de los áridos a emplear en la mezcla bituminosa.

## **1.6. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La fuente de producción de agregados aluviales que presenta una mayor ventaja en la mezcla asfáltica en caliente es el agregado proveniente de la cantera de Chupuro en Huancayo 2019.

### **1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Las características que presentan los agregados aluviales son diferentes, siendo la cantera de Chupuro la que presenta mejores propiedades, según las distintas fuentes de producción en Huancayo 2019.
- El mayor porcentaje de adherencia entre los agregados de las diversas fuentes de producción en la mezcla asfáltica en caliente es el agregado proveniente de la cantera de Chupuro en Huancayo 2019.
- La menor pérdida al cántabro según el método universal de caracterización de ligantes (UCL) de la mezcla asfáltica en caliente entre las distintas fuentes de producción es la elaborada con material proveniente de la cantera de Chupuro en Huancayo 2019.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Los estudios e investigaciones directamente relacionados en la línea de investigación, se encuentra en su mayoría descritas y detalladas en la normativa internacional, debido que los ensayos requeridos fueron desarrollados a profundidad en estos institutos internacionales:

##### **2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES**

Según (Morante Moscol, 2017) en la tesis de pregrado titulada: “**Evaluación de la adherencia entre la concha de abanico y el ligante asfáltico**”. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil de la Universidad de Piura.

El objetivo de esta investigación radica en la búsqueda del valor de cohesión de los áridos locales en Piura a través de la normativa disponible que evalúa los valores de adherencia como lo es el ensayo Riedel Wever y Adherencia en bandeja.

Los resultados que se hallaron que la adhesividad de las valvas de las conchas de abanico es muy conveniente en cotejo con los agregados locales. Una de las principales razones es esa diferencia en la naturaleza calcárea de la valva en cotejo con la naturaleza silíceo de los agregados naturales. Esto expone la poca durabilidad de las mezclas asfálticas en la región y la necesidad de aditivos mejoradores de adherencia, teniendo la posibilidad de continuar evaluando las valvas como agregados en las diversas mezclas asfálticas para las pavimentaciones.

Según (Rengifo Arakaki, 2014) en la tesis que lleva por título: “**Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)**”. Tesis para preferir Título Profesional de Ingeniero Civil, presentado por: Ing. Kimiko Katherine Harumi Rengifo, de la PUCP. La nueva carretera Panamericana Norte se encuentra al norte de Lima. Actualmente el tramo de Ancón – Huacho – Pativilca se encuentra en concesión a Norvial S.A. En esta oferta se tiende a ejecutar el diseño del pavimento asfáltico de un kilómetro de esta carretera en el tramo de Huacho a Pativilca. Fundamentalmente, de acuerdo a lo propuesto en la investigación, el kilómetro determinado por el adjunto fue del 188 al 189, donde finalmente se llegó a la conclusión de evaluar el uso de un aditivo mejorador para alargar la vida útil de la carpeta asfáltica y proponer un índice de serviciabilidad de tal forma que se asegure al usuario la conformidad del uso de la vía por el tiempo proyectado de factibilidad de la carpeta, en conclusión se llega a que debido a las bajas temperaturas de la zona, el pavimento llega a contar con un buen comportamiento a pesar de que se tuvo que elevar la temperatura superior de los 160 grados para compensar esa pérdida de temperatura durante el transporte de material.

Según (Taype Matamoros, 2016) en la tesis de pregrado titulada “**Diseño de Explotación de Cantera para Agregados, Distrito de Huayucachi**”, el Ing. Edgar Abel Taype Matamoros, Universidad Nacional del Centro del Perú; dado que los agregados pétreos son un insumo esencial para la construcción es importante tener en cuenta la extracción de estos, ya que el Valle del Mantaro tiene una alta demanda en el sector de la construcción en los últimos años y la extracción de esta materia genera un fuerte impacto , ya que esta actividad no se realiza de acuerdo a los parámetros establecidos. Esta investigación tiene como objetivo diseñar la explotación de canteras para concreto del río Mantaro en el distrito de Huayucachi, en el ámbito económico y ambiental, determinar el sistema de explotación, analizar las propiedades de los agregados y evaluar el riesgo ambiental que tendrá al explotar la cantera del río Mantaro. Como resultados se obtiene que existiría un riesgo ambiental del 32% (moderado), en el aprovechamiento de la cantera de Huayucachi así que se tomarán medidas de prevención para disminuir la severidad del impacto, como mitigación en la particularidad del aire, en la particularidad del ruido, en la prole de gases, en la particularidad de los suelos, en la particularidad del agua, en la flora y en la fauna. La reserva total para el aprovechamiento de la

cantera se haría en 315,776 m<sup>3</sup> y en relación a la caracterización de los agregados, los de esta cantera presentan un desgaste 20.25% el cual estaría cumpliendo con lo que establece la norma y no existirían inconvenientes con el agregado. Para el diseño de la explotación de acuerdo a la demanda de los agregados, que es de 64% en el centro de Huancán y de 29% el volumen que se comercializa en Huancayo; se realizó el cálculo de potencias y se establecieron los parámetros de la cantera y así abastecer el mercado, obteniendo que el proyecto es viable tanto económica como financieramente. El sistema de explotación sería un sistema totalmente discontinuo empleando un método de explotación a cielo abierto. En conclusión, con el diseño de explotación de la cantera de Huayucachi se calcula una reserva neta de 309,694.95 m<sup>3</sup> que tendría una vida útil de 10 años. El método y sistema elegidos permiten una adecuada extracción y procesamiento del agregado para el mercado, además que los agregados de la cantera a explotar demuestran tener buenas propiedades físicas y químicas por lo que se demuestra que son de calidad.

Según (De la Cruz Bazan, y otros, 2014) en la investigación de posgrado titulada **“Evaluación de Cometido de Mezclas Asfálticas en Caliente Diseñadas por la Metodología Marshall con el Ensayo de la Rueda Cargada de Hamburgo para el Proyecto de Rehabilitación de la Carretera Dv Imperial-Pampas”**, redactado por el Ing. Paulino de la Cruz, y el Ing. Mario José Porras, de la Universidad Ricardo Palma; la red vial que conecta la ciudad de Imperial con la ciudad de Pampas es una vía no pavimentada (afirmado), es por eso que a través de esta tesis se pretende valorar mediante el análisis de la rueda cargada de Hamburgo usando el Método de Marshall, la carpeta asfáltica para la rehabilitación de la carretera Imperial – Pampas. La arena natural cumple las características según norma, no presentan límite líquido ni límite plástico, el porcentaje de sales solubles es de 0.023%, se considera adecuado y la muestra presenta pérdida de durabilidad al sulfato de magnesio de 2.11 en porcentaje. La arena chancada también cumple con las características que exige la norma, si presenta límite líquido, pero no límite plástico, el porcentaje de sales solubles es de 0.020%, se considera adecuado y presenta un descenso en la durabilidad al sulfato de magnesio de 2.48. La piedra procesada de media verifica con absolutamente todas las características que propone la normativa, el porcentaje de las sales solubles es de 0.010%, el porcentaje en desgaste es del 22.1% que se considera adecuado y presenta pérdida de durabilidad al sulfato de magnesio de 2.76. Se tiene que en el primer

ensayo de la Rueda de Hamburgo el prototipo llegó a 9,664 de 20,000 pasadas, por lo que no se llegó a concluir el ensayo, después en la primera granulometría Marshall la cantidad de arena chancada de 32% rigidizaba la carpeta asfáltica, por lo que en el segundo ensayo se trabajó con el 27% de arena chancada y se acrecentó la arena natural a 32% por lo que en el supletorio ensayo de la Rueda de Hamburgo la muestra alcanzó a 19,974 de 20,000 pasadas, teniendo un faltante de solo 26 pasadas para concluir el ensayo. Concluyendo así que con el Método Marshall la evaluación de la carpeta asfáltica cumple con todos los parámetros, y con respecto al ensayo de la Rueda de Hamburgo, al realizarse el segundo ensayo se obtuvieron resultados que podrían ser aceptables, y al entender las condiciones impuestas por este ensayo se pudieron mejorar las características de los agregados, el MAC a emplear y un afine a la proporción de la carpeta asfáltica.

Según (Guizado Barrios, y otros, 2015) en la tesis de posgrado titulada **“Evaluación del Concreto Permeable como una Alternativa para el Control de las Aguas Pluviales en Vías Locales y Pavimentos Especiales de la Costa Noroeste del Perú”**, Ing. Agneth Xiomy Guizado Barrios, Ing. Elvis Ricardo Piero Curi Grados, Pontificia Universidad Católica del Perú; el país ha estado sometido a cambios climáticos muy drásticos, y al no contar con las adecuadas infraestructuras para combatir los fenómenos que se producen se ha visto en una situación lamentable. A pesar de que en repetidas ocasiones varias ciudades del país terminaron en estado deplorable por fuertes precipitaciones que ocasionaban inundaciones, desbordes de ríos o puentes colapsados, continúan existiendo deficiencias en los sistemas de drenaje pluvial que siguen manteniendo a la población vulnerable ante otro fenómeno como El Niño, que ya dejó en algunas ocasiones a las ciudades del país en estado de emergencia. El objetivo de esta tesis es encontrar una solución mediante el estudio del concreto permeable para el control de las aguas pluviales especialmente en las vías y pavimentos de la costa norte del país, para ello se realizarían ensayos de infiltración del ACI 522R-10 en 15 mezclas divididas en 5 grupos de acuerdo su huso, evaluando estas mezclas respecto a la demanda de permeabilidad para drenaje superficial ante las precipitaciones más fuertes ocurridas en el país, que sería la del fenómeno de El Niño del año 1997, representando una intensidad máxima de 119 mm/h. Como resultados, después de los ensayos de trabajabilidad en los 5 grupos, el grupo 5 presentó deficiencias en estabilidad y consistencia, por lo que no se consideró para los otros ensayos. Al realizar la evaluación por resistencia se obtuvo que el módulo de rotura varía entre

el 16% y el 22% de resistencia a la compresión, en la evaluación de permeabilidad se obtuvo que el concreto permeable posee una permeabilidad de 200 veces la intensidad requerida para el diseño. La permeabilidad de las muestras con finos disminuye en un 27% en comparación con las muestras sin finos, y al ser estudiados los usos de 67 y 8 se obtuvo que cuanto mayor sea el tamaño del agregado grueso mayor es la permeabilidad que presenta. Las mezclas de concreto permeable con alto contenido de cemento sometidas a temperaturas mayores de 34°C presentan una alta resistencia a la compresión los primeros días. La mezcla más eficiente fue la M—H8-ang-19.5%-ar. que presenta una permeabilidad de 0.7 cm/seg. En conclusión, con esta investigación se demuestra que es posible elaborar pavimentos con concreto permeable y que cumplen con los requisitos de resistencia para pavimentos especiales y cumple con los requisitos de drenaje para la intensidad máxima producidas por el fenómeno del niño en el país, se concluye también que el empleo del concreto permeable es una opción con más ventajas sobre otros tipos de pavimentos, y una muy importante es el costo de realizar una pavimentación con este concreto, ya que costaría igual que una pavimentación de asfalto o de concreto, incluyendo sus costos de construcción, operación y mantenimiento.

### **2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Según (Urrego Aguilera, y otros, 2016) en la investigación “**Determinación de la cohesión en mezcla asfáltica elaborada con asfaltos convencionales y materiales de peña y río**”, elaborado en Bogotá por Edward Camilo y Cristian Ruiz, ambos estudiantes de la Facultad de Ingeniería, departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia.

El propósito de la investigación fue determinar en qué porcentaje de estabilidad reservada como exigencia de control según la normativa pertinente y su estrecha relación con el porcentaje de adherencia que comprende la mezcla bituminosa.

En primera instancia se determinó el índice de adhesividad a través del ensayo de Riedel-Weber para la realización de una mezcla de los agregados pétreos, a través de la aplicación de este ensayo se buscó evaluar el comportamiento que se presenta durante la combinación y mezcla en el diseño de mezcla. También se encontró que en los resultados del ensayo se consigue hallar los valores de

adherencia de los agregados estudiados, en estos reside y es un pilar fundamental del presente estudio, el análisis de los resultados obtenidos hacen referencia a valor por encima de los requeridos por la normativa de INVIAS en la resistencia conservada por lo que se llega a una conclusión del empleo de una mezcla de agregados donde aumente esta resistencia potencial evaluada mediante el mejoramiento de sus propiedades adherentes.

Según (Llano Muñoz, 2015) en la tesis de posgrado titulada: **“Efecto De Los Agregados En El Envejecimiento De La Mezcla Asfáltica”**, Ing. José Luis Llano Muñoz, Pontificia Universidad Javeriana; este trabajo analiza el envejecimiento de una mezcla asfáltica mediante la fabricación de briquetas, en las que emplea cuatro distintos tipos de agregados. El objetivo de esta tesis es evaluar el efecto de los diferentes agregados en el envejecimiento de la mezcla asfáltica. Al realizarse una revisión de los métodos que determinen el envejecimiento del asfalto se encontró que el Método Universal de Caracterización de Ligantes (UCL) es un ensayo que relaciona las propiedades de las mezclas asfálticas utilizando briquetas en el equipo Marshall y Los Ángeles, por lo que este es el método con el que se optó realizar la investigación. Como resultado se obtuvo que, para el agregado de Pavicol S.A.S. las pérdidas sin envejecimiento son de 16.3%, a corto plazo de envejecimiento son de 15.5% y a largo plazo de envejecimiento son de 12.5%, para el agregado de Ingeniería de Vías S.A.S. las pérdidas sin envejecimiento son de 16.0%, a corto plazo de envejecimiento son de 22.2% y a largo plazo de envejecimiento son de 21.8%, para el agregado de la Amezquita Naranjo las pérdidas sin envejecimiento son de 15.9%, a corto plazo de envejecimiento son de 22.4% y a largo plazo de envejecimiento son de 15.7% y para el agregado de Pavicauca S.A.S. las pérdidas sin envejecimiento son de 21.2%, a corto plazo de envejecimiento son de 26.2% y a largo plazo de envejecimiento son de 14.7%. Se concluyó que el envejecimiento simulado a largo plazo ocasiona menores pérdidas que el simulado a corto plazo, debido a que la mezcla asfáltica sufre altas temperaturas durante su corto tiempo de producción. También se concluyó que el agregado de Pavicol S.A.S. fue el agregado con mejor comportamiento en los ensayos, a pesar de que el agregado de Pavicauca S.A.S. fue el que tuvo un mejor comportamiento en el ensayo de la máquina de Los Ángeles.

Según (Ruiz Ramirez, y otros, 2016) en la tesis de pregrado titulada: **“Determinación del valor de adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con agregados pétreos convencionales”**, Edward Camilo Urrego Aguilera, Cristian Camilo Ruiz Ramírez, Universidad Católica de Colombia; el principal objetivo de este trabajo es determinar el valor de adherencia existente entre el agregado y el ligante bituminoso, realizando una serie de mezclas con distintos tipos de ligantes asfálticos variando el rango de penetración entre estos, con agregados pétreos y una combinación de estos cumpliendo el ensayo de Riedel Webber según su respectiva normativa y el de Tracción Indirecta (TSR). Se ejecutó el ensayo de Riedel Webber de la combinación de agregados con diseño de mezcla empleando asfalto de PEN 40 – 50 donde se observó un desprendimiento parcial del agregado, en la combinación de agregados con asfalto de PEN 60 – 75 ocurre desprendimiento relativamente parcial en una menor congregación y en la combinación de agregados según el diseño de mezcla con asfalto de PEN 85 – 100 ocurre un desprendimiento en su totalidad. Llegando a la conclusión, donde se tiene que el proceder del agregado mixto para el ensayo de Riedel Webber es excelente y que los cementos asfálticos de 40 – 50 y 60 – 70 presentan valores de adhesividad altos, y que el agregado de río y el agregado mixto son la mejor opción para garantizar un buen uso del material. Mientras que analizando el ensayo de Tracción Indirecta se obtiene que el agregado de río y el agregado mixto presentan una buena resistencia a la tensión.

Según (Wulf Rodriguez, 2008) en la tesis titulada **“Análisis de Pavimento Asfáltico modificado con Polímero”** la investigación de pregrado analiza el procedimiento de cómo se ejecuta un estudio de dosificación de preciso asfáltico común en caliente y un preciso asfáltico modificado con polímero en ardiente, los dos con un tamaño más alto de 20 mm. (3/4”) de los áridos para tránsito pesado es decir la mezcla bituminosa resulta contar con una mayor resistencia para permitir el paso un tránsito elevado, finalmente tiene como recomendaciones el investigar el asfalto modificado con polímeros en mezclas tibias ya que podría presentar un comportamiento favorable, finalmente se llega a la conclusión de la dosificación exacta de aplicación de mezcla asfáltica modificada, donde se presenta un comportamiento mecánico de resistencia y fluencia dentro de los parámetro establecidos por la normativa, también se analiza el comportamiento que tiene durante los ensayos donde tienen una mayor capacidad de mantener su forma bajo las presiones a los cuales son sometidos.

Según (Miro Recaes, 2014) en la tesis de pregrado titulada: **“Metodología para la Caracterización de Ligantes Asfálticos Mediante el Empleo del Ensayo Cantabro”**; Jorge Miro Recasens, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; el objetivo de este trabajo es comprobar la validez del ensayo Cántabro en las propiedades de los ligantes, y así se establezca un método de caracterización que tenga en cuenta de manera directa el comportamiento del ligante en la mezcla. Se determinará si el ensayo es suficientemente sensible para diferenciar el comportamiento de diferentes tipos de ligantes. Como resultados se obtiene que a temperaturas menores a 18°C se puede manifestar la cohesión que proporcionan los distintos ligantes, las curvas de estado del ligante presentan mayor susceptibilidad térmica, el aumento de las pérdidas por desgaste y la adhesividad que presenta el ligante se encuentran relacionadas de manera directa. En conclusión, para las carreteras se han venido realizando ensayos físicos en los ligantes asfálticos que son complejos e incompletos, es por eso que se deben repetir estos ensayos; mientras que el Método Universal de Caracterización de Ligantes (UCL) permite caracterizar el ligante asfáltico de forma menos compleja y con mayor precisión, las propiedades más significativas; además que éste ensayo puede caracterizar las propiedades más importantes del ligante ya en contacto con el árido después del proceso de mezcla y compactación.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. AGREGADOS**

Son considerados agregados a elementos encontrados de forma natural o procesada, estos elementos son las gravas y arenas. Debido a los lugares donde son encontrados las gravas y arenas podrán ser calificadas, siendo los ríos o valles los lugares donde se encuentran mayormente debido a que las corrientes de agua depositan esos elementos o debido a los depósitos de rocas metamórficas con condiciones especiales de calidad.

### **2.2.2. CANTERAS**

Se conoce como cantera al lugar de abastecimiento de arenas y gravas, es decir materiales primordiales para las construcciones de obras. Estas canteras son sitios

de explotación a cielo abierto en la mayoría de ocasiones, de estas explotaciones se obtienen rocas, áridas u ornamentas.

Para seleccionar una buena cantera se debe tener en consideración que se tendrán las proporciones suficientes del agregado a emplear, la calidad de éste teniendo en consideración realizar hasta ensayos in situ y determinar sus propiedades, la cercanía de la cantera al lugar donde se requerirá el material también es muy importante, ya que también ayudará a determinar que canteras son más viables basándose en el costo de flete que se tendrá de cada una.

Los aspectos anteriormente mencionados requieren tanto análisis de los agregados mediante ensayos de laboratorio, como una simple inspección visual de la zona, para obtener las propiedades y características y analizar si estas guardan relación entre sí, también si cumplirán con los estándares necesarios para lo que se requieren los agregados.

### **2.2.3. TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**

Las mezclas asfálticas son clasificadas de acuerdo a las fracciones del agregado en la mezcla, temperatura de la mezcla en la ejecución de la obra, de acuerdo al porcentaje de vacíos en las mezclas, por el tamaño máximo de los agregados y por la granulometría.

#### **a. Fracciones del agregado en la mezcla**

- Masilla asfáltica – compuesta por aditivos minerales y el ligante asfáltico.
- Mortero asfáltico – compuesta por agregado fino (arena) y masilla asfáltica.
- Concreto asfáltico – agregado grueso (grava) y mortero asfáltico.
- Macadam asfáltico – agregado grueso (grava) y el ligante asfáltico.

#### **b. Temperatura de la mezcla en la ejecución de la obra**

- Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC) – elaborada con ligante asfáltico a altas temperaturas, a los 150 °C aproximadamente, se realiza la mezcla con los agregados a la misma temperatura, al igual que en el momento de ejecución de la obra, ya que en caso contrario los materiales no

podrán adherirse y la compactación no se desarrollará de manera correcta.

- Mezcla Asfáltica en Frío (MAF) – el ligante empleado es una emulsión asfáltica o asfalto fluidificado, en el momento de ejecución de la obra el proceso se podrá hacer a temperatura ambiente.

**c. Porcentaje de vacíos en las mezclas**

Este tipo de mezclas son empleados para que no ocurran deformaciones plásticas por variaciones térmicas o por cargas excesivas.

- Mezcla densa – el porcentaje de vacíos será menor al 6%.
- Mezcla semi densa – el porcentaje de vacíos se encontrará en el rango del 6% al 10%.
- Mezcla abierta – el porcentaje de vacíos será mayor al 12%.
- Mezcla drenante - el porcentaje de vacíos será mayor al 20%.

**d. Tamaño máximo de los agregados**

- Mezcla gruesa - el tamaño máximo de los agregados será de 10 mm.
- Mezcla fina – mezclas formadas por agregado fino, polvo mineral y ligante asfáltico. El tamaño máximo será determinado por el espesor que se extienda en la mezcla.

**e. Tipo de granulometría.**

- Mezcla continua – una cantidad adecuadamente distribuida de distintos tamaños de agregado en el huso granulométrico.
- Mezcla discontinua – una cantidad limitada de tamaños de agregado en el huso granulométrico.

**2.2.4. MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (MAC)**

La mezcla asfáltica en caliente consiste en una combinación de agregados pétreos, ligante asfáltico y aditivos en ciertos casos. Son empleados para la construcción de aeropuertos, pavimentos industriales, carreteras, etc. Estas mezclas cuentan aproximadamente con un 90% de agregados grueso y fino, un 5% de filler (agregado mineral) y un 5% del ligante asfáltico. Estos elementos trabajan en

conjunto para que la carpeta asfáltica funcione de manera conveniente y la ausencia de calidad de cualquiera de los elementos que afecta a la carpeta asfáltica en su conjunto. La cantidad finos y el ligante bituminoso son los elementos que más inciden en mayor proporción en la calidad de la mezcla. El Método de Marshall, Superpave y Hveem son los tres métodos de diseño más comunes de ser empleados para determinar las proporciones empleadas en el asfalto y agregados para la mezcla asfáltica.

Las mezclas asfálticas pueden clasificarse por distintos parámetros:

- a. Por fracción de árido pétreo empleado. Puede ser masa asfáltica, mortero asfáltico, concreto asfáltico y macadam asfáltico.
- b. Por la temperatura de tendido en campo. Mezclas asfálticas en caliente, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas tibias.
- c. Por el porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica. Si son mezclas cerradas o densas, semi-cerradas o semi-densas, mezclas abiertas o mezclas porosas o drenantes.
- d. Por el tamaño máximo del agregado Pétreo. Mezclas gruesas o mezclas finas.
- e. Por la estructura del agregado Pétreo. Mezclas con esqueleto mineral o sin esqueleto mineral.
- f. Por la granulometría. Mezclas continuas y mezclas discontinuas.

#### **2.2.4.1. Características de la mezcla:**

La mezcla preparada en laboratorio debe tener características principales para determinar cuál será el comportamiento de la mezcla.

- a. Densidad. Es una característica para obtener un rendimiento perdurable de la mezcla. La densidad y la cantidad de vacíos presentan una relación indirecta, es decir, si la densidad es baja, la cantidad de vacíos es alta y esto origina, que la mezcla compactada sea vulnerable al agua. En el caso de que la densidad sea alta y la cantidad de vacíos baja, origina que la carpeta de rodadura sea más durable. La densidad se define como el peso unitario por un volumen específico, por lo que su unidad de medida es de  $\text{kg/m}^3$ .

- b. Vacíos de aire. Son pequeños espacios de aire que se presentan entre los agregados cubiertos de asfalto en la mezcla compactada. Es importante la presencia de estos vacíos ya que permiten la fluidez del asfalto durante la compactación que se da en la carpeta de rodadura cuando está expuesta al tráfico.
- c. Vacíos en el Agregado Mineral (VMA). Se entiende como los los espacios de aire existentes entre las partículas de agregado y el espacio que contiene asfalto, en una mezcla ya compactada.
- d. Contenido de asfalto. El contenido de asfalto para la mezcla asfáltica depende del diseño y de las características de los demás elementos.
- e. Vacíos Llenos de Asfalto (VFA). Es el porcentaje de vacíos inter granulares entre las partículas del agregado que se encuentran llenos de asfalto.

**Figura 3: Tendido de mezcla asfáltica**



**Fuente: Construar Santa Fe edición 7º**

#### **2.2.4.2. Propiedades de las mezclas asfálticas:**

- **Estabilidad.** Es la capacidad que tiene la mezcla asfáltica de resistirse a ser desplazada y deformada ante las cargas que se generan por el tránsito.

La fricción interna depende de la textura superficial, graduación del agregado, forma de la partícula, densidad de la mezcla, y, del contenido y tipo de asfalto. La estabilidad es función de la fricción y la resistencia inter-bloqueada del agregado en la mezcla.

Cuando sobrepasamos el nivel óptimo de asfalto la película es demasiado gruesa y esto genera que la cohesión se pierda progresivamente

#### **2.2.5. MÉTODO UNIVERSAL DE CARACTERIZACIÓN DE LIGANTES (UCL)**

Se tiene actualmente metodologías de caracterización y evaluación de desempeño, en la mezcla asfáltica, el uso de equipos muy costosos, con procesos de análisis complejos y con una demanda de tiempo amplio. En este caso en referencia a la metodología de Superpave, en donde se realiza la correcta caracterización de la mezcla. Por ello se busca plantar esta metodología con el objetivo de evaluar y caracterizar los ligantes asfálticos. Basándose en la normativa del ensayo Cántabro español (NLT – 352/86), hincado en la normativa sobre el ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles (NLT – 149/91).

#### **Propiedades de la mezcla bituminosa:**

El método universal de caracterización de ligantes permite determinar distintas propiedades en la mezcla asfáltica, estas se ven a partir de distintos tratamientos que afectara a la muestra a analizar.

- La susceptibilidad térmica, que analiza el comportamiento visco-elástico ante la variación de la temperatura y la frecuencia de cada muestra a estudiar.
- El envejecimiento, que somete a la muestra a condiciones de aire y calor, donde se produce oxidación, induciendo hacia el envejecimiento a cada muestra.

- La adhesividad, esta se refiere a la medición del porcentaje de desgaste al que se someten las muestras para determinar la adherencia entre el ligante y el agregado.
- La cohesión, que determina el poder aglutinante de cada una de las muestras elaboradas con la mezcla asfáltica.

### **Ensayo al cántabro**

Mediante este ensayo se puede valorar indirectamente, cada una de las propiedades de mezcla asfáltica, simulando los efectos originados por el tráfico y efectos abrasivos a los que encuentra expuesta la mezcla asfáltica.

El procedimiento por el que se determina el porcentaje consta de la determinación de la masa de cada probeta, luego se somete al bombo de máquina de los ángeles, pero sin las cargas abrasivas que generan las bolas de metal, durante 300 vueltas. Donde finalmente, se calcula la pérdida de masa de cada probeta estudiada de acuerdo a la siguiente formula:

$$P_c = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

Pc = Valor de la perdida por desgaste en porcentaje.

P1 = Masa inicial tomada de la probeta en gramos

P2 = Masa final tomada de la probeta en gramos

Es importante mencionar que, para estudiar la adherencia en una mezcla asfáltica, es necesario que las probetas a ensayar cumplan con ciertos parámetros en su elaboración, como que debiendo transcurrir un día desde la extracción de baño maría a 60°C por 24 horas, se ensayara la probeta a una temperatura de 25 °C.

### **2.2.6. ADHERENCIA EN BANDEJA MTC E 520**

El ensayo tiene como objeto determinar el porcentaje de adherencia entre un ligante bituminoso y una muestra representativa de la grava que se va a emplear en un pavimento asfáltico.

Se una como referencia normativa I.N.V. E – 740 – 07.

### 2.2.6.1. Procedimiento

- Caliéntese el ligante a la temperatura de distribución (125 °C) y viértase en la bandeja, en cantidad suficiente para obtener una película de un espesor de 1,5 mm a 2 mm.
- Enfriar hasta 50 °C – 60 °C.
- Colóquense, una por una, las cincuenta partículas (las cuales deben estar secas al horno) en la película de asfalto. Déjese enfriar por media hora, y después colocar la bandeja en un horno a 60 °C durante 24 horas.
- Agréguese agua hasta cubrir las piedras y déjese la bandeja a temperatura ambiente por cuatro días.
- Quítense las partículas una por una, mediante un movimiento vertical y evalúese mediante un análisis visual el porcentaje de la superficie de cada partícula que aún tienen asfalto pegado.

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Asfalto.**

Es un material viscoso, pegajoso y de color plomo (gris oscuro). Se usa mezclado con arena o gravilla para pavimentar caminos. En las mezclas asfálticas es utilizado como aglomerante para la creación de rutas, autovías o autopistas. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013 pág. 24)

- **Mezcla Asfáltica.**

Radica en un añadido de asfalto y materiales minerales (mezcla de numerosos tamaños de áridos y finos) que se intercalan juntos, se alargan en capas y se compactan. (Bautista Sanchez, 2012 pág. 37)

- **Adhesión y Cohesión.**

Adhesión es la aptitud de asfalto para adherirse al añadido en la mezcla de pavimento. Cohesión es la aptitud de asfalto de sostener firmemente, en su puesto. (Bautista Sanchez, 2012 pág. 14)

- **Aluvial**

Son los depósitos de arenisca y grava que se acumulan debido al agua efluente, esto podría hacer que un terreno sea inestable e inseguro.

- **Agregado**

Está referido a cualquier mezcla de arena, roca o grava triturada en su estado procesado o natural, son minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Según (Tamayo y Tamayo, 2003) el método científico consiste en un proceso para descubrir cómo se presentan fenómenos en específico que sean desconocidos hasta ahora, mediante la observación.

En la presente investigación se busca comprobar los resultados de adherencia agregado asfalto a través de ensayos en laboratorio y es por ello que se aplicará el método científico, con el fin de realizar el análisis para la correlación de resultados de adherencia agregado asfáltico.

##### **3.1.2. NIVEL**

(Oseda Gago, 2011) El nivel de investigación se refiere a la gradualidad de detalle con el que se toma la estrategia utilizada para estudiar las variables.

En esta investigación se tiene como finalidad establecer la correlación que existe entre los resultados del método de adherencia agregado asfalto, el ensayo de bandeja MTC E 520 y el Método Universal de Caracterización de Ligantes UCL. Primero se medirán sus variables, y se estimara la correlación mediante pruebas de hipótesis.

### **3.1.3. TIPO**

Según (Vargas Cordero, 2009) el tipo de investigación aplicada sigue una estructura general ya que el concepto que se tiene como problema en la investigación es práctico, al tratarse de una situación desprovista.

En esta investigación se buscó examinar el problema con alguna teoría seleccionada, y de esta se obtuvo un prototipo aplicativo para poder resolver el problema.

Al final se determinó qué posibilidades de resolver el problema tuvo el prototipo propuesto. Lo importante fue obtener hallazgos en la investigación para su aplicación.

## **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Según (Bernal Torres, 2010) el diseño de investigación experimental está manifiesta por el tipo de investigación que se realizará, al igual que las hipótesis que se proponen para el desarrollo de la investigación. Esta investigación pretende demostrar a través del ensayo en laboratorio donde se deberán comprobar las hipótesis, que la alteración de una variable independiente ocasiona que la variable dependiente cambie de una manera previsible y es por ello que en la investigación se aplicará el diseño experimental.

## **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1. POBLACIÓN**

Según (Oseda Gago, 2011) la población es conjunto de partes de las muestras al que podrían ser generalizadas los resultados de la investigación. Es por ello que a partir de la disponibilidad de canteras aprovechables para Huancayo teniendo en cuenta que deben de contar con una planta chancadora de agregados y su fuente de material debe provenir de río, la población viene a ser el conjunto de canteras aprovechables para Huancayo.

### **3.3.2. MUESTRA**

Según (Ñaupas Paitan, y otros, 2014) la muestra debe ser seleccionada teniendo en cuenta que es la representación de la población, es decir, que debe presentar

las distintas características de la población. Por ello se plantea analizar como muestra de investigación las canteras que cumplen con los requerimientos planteados, de esta forma las canteras de Pilcomayo, Chupuro y Matahuasi son las seleccionadas como las muestras a estudiar.

### **3.3.3. MUESTREO**

Según (Ñaupas Paitan, y otros, 2014) existen métodos basados en realizar un cálculo de probabilidades, que son los métodos probabilísticos; y los que en las muestras no se puede saber su nivel de confiabilidad, que son los métodos no probabilísticos. Ya que se selecciona la muestra dando prioridad a razones de comodidad y según su criterio.

El método a emplear para esta investigación es el no probabilístico de corte transversal.

## **3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La técnica de recolección de datos será por observación directa y analizando los resultados de los ensayos según la normativa, para los ensayos de adherencia en bandeja y el método universal de caracterización de ligantes.

## **3.5. INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE DATOS**

El instrumento será evaluado con la ayuda de fichas de recolección de datos, planteada de acuerdo a la normativa peruana especificada según el MTC E 520 y el ensayo de Método Universal de caracterización de ligantes, como instrumento de análisis.

## **3.6. VARIABLES**

### **3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Propiedades de agregados aluviales

### **3.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES**

Calidad de agregado

### 3.7. OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 1: Operacionalización de la variable

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
FUENTES DE AGREGADOS ALUVIALES.	Son agregados de origen fluvial, aparecen en las vegas de los principales ríos. (Lugo Gaia, 2016 pág. 36)	Lugares específicos donde se obtiene en material granular y material fino	AGREGADO DE CHUPURO	Geometría MTC E 208	Ficha recolección de datos	Razón
				Limpieza I.N.V.E-125/13		
				Dureza y durabilidad MTC E 214		
			AGREGADO DE PILCOMAYO	Geometría MTC E 208		
				Limpieza I.N.V.E-125/13		
				Dureza y durabilidad MTC E 214		
			AGREGADO DE MATAHUASI	Geometría MTC E 208		
				Limpieza I.N.V.E-125/13		
				Dureza y durabilidad MTC E 214		
ADHERENCIA	Son las fuerzas que interactúan entre sí en un adhesivo sensible para unir dos partes. (Bautista Sanchez, 2012 pág. 57)	Interacción entre las superficies de distintos cuerpos, resistencia que ejerce una superficie cuando un cuerpo trata de deslizarse sobre esta	PORCENTAJE DE ADHESIÓN	Adherencia en bandeja MTC E 520	Ficha recolección de datos	Razón
				Adherencia I.N.V.E-740/07		
				Adherencia a 1, 2, 3 y 4 días		
			PÉRDIDA AL CÁNTABRO	Pérdida al cántabro por UCL		
				Método Universal de Ligantes UCL		
				Pérdida a 100, 200 y 300 revoluciones		
			TEMPERATURA	Adhesividad a 20 °C		
				Adhesividad a 40 °C		
				Adhesividad a 60 °C		

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES DE AGREGADO ALUVIAL EN ESTUDIO**

Los agregados empleados para la elaboración de una mezcla asfáltica tienen que cumplir ciertos parámetros establecidos cuyas características no se pueden encontrar de forma natural de alguna fuente aluvial, por lo que es necesario instalar una planta chancadora de agregados que pueda producir agregado grueso de un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " y arena chancada con agregado fino. El diseño de mezcla asfáltica en caliente depende directamente de la granulometría de cada uno de los agregados que lo componen, piedra de  $\frac{3}{4}$ ", piedra de  $\frac{1}{2}$ ", arena chancada y arena natural, por lo que se pierde el enfoque de estudiar las propiedades físicas que puedan presentar los agregados aluviales en función a fuente de donde se obtuvo.

De forma generalizada los agregados pueden clasificarse según su origen y naturaleza petrológica en tres grandes grupos:

Agregados calizos, producto de rocas calizas que se encuentran de forma común y abundante naturalmente, esta es considerada más económica en el proceso de trituración debido a la facilidad que tiene de pulverizarse en condiciones de servicio, este agregado presenta problemas de adherencia ya que tiene una menor afinidad con los ligantes asfálticos.

Agregados silíceos, producto de la trituración de gravas naturales y extraído de yacimientos granulares, donde las partículas de mayor tamaño en comparación se apartan por cribado y a partir de estas a través de un proceso de trituración, obtienen fracciones de menor tamaño, con un mayor número de caras fracturadas. Este tipo de agregado puede no

aportar una suficiente adhesividad, sin embargo, puede aumentar considerablemente sus propiedades si cuenta con un elevado contenido de sílice y caras fracturadas como características físicas.

Agregados Metamórficos e Ígneos; Este material resulta adecuado para su uso como agregado grueso en las capas de rodadura de un pavimento debido a sus características propias. En este grupo los áridos pueden presentar características más ácidas por lo que existiría una deficiencia en su adhesión con los ligantes asfálticos. Por ello es importante conocer el comportamiento que presenta el agregado producto de las características y composición que presenta, estas propiedades se ven afectadas según el origen de procedencia de cada uno, debido a esto se analiza el agregado procedente de las plantas chancadoras más empleadas en proyectos de pavimentado en caliente de la región, como lo son la planta chancadora de agregados de Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo.

#### **4.1.1. UBICACIÓN**

Para la elaboración de la caracterización de las propiedades físicas y la correlación de resultados es necesario la obtención de los materiales granulares pluviales provenientes de plantas procesadoras de agregados de ubicaciones diferentes, ya que necesariamente los insumos de la mezcla asfáltica se obtienen artificialmente, de esta manera contar con la cantidad de agregado suficiente para todos los ensayos requeridos para la elaboración de la correlación y caracterización de las propiedades de estos diferentes áridos.

Las fuentes de agregado pluvial elegidas para el estudio están en constante demanda para la elaboración de mezcla asfáltica en caliente:

##### **a. Planta chancadora de Chupuro**

Se encuentra ubicada en la provincia de Huancayo, distrito de Chupuro y cuenta con la elaboración de material grueso de 1/2" de tamaño máximo nominal y arena chancada.

**Figura 4: Ubicación de planta chancadora - Chupuro**



Fuente: Google Earth Pro

**Figura 5: Fuente agregado aluvial - Chupuro**



Fuente: Producción propia

**b. Planta chancadora de Pilcomayo**

Se encuentra ubicada en la provincia de Huancayo, distrito de Pilcomayo y cuenta con la elaboración de material grueso de  $\frac{3}{4}$ " de tamaño máximo nominal y arena chancada o procesada.

**Figura 6: Ubicación de planta chancadora - Pilcomayo**



Fuente: Google Earth Pro

**Figura 7: Fuente agregado aluvial - Pilcomayo**



Fuente: Producción propia

**c. Planta chancadora de Matahuasi**

Se encuentra ubicada en la provincia de Huancayo, distrito de Matahuasi y cuenta con la elaboración de material grueso de 1/2" de tamaño máximo nominal y arena chancada o procesada.

**Figura 8: Ubicación de planta chancadora - Matahuasi**



Fuente: Google Earth Pro

**Figura 9: Fuente agregado aluvial - Matahuasi**



Fuente: Producción propia

## **4.2. ESTUDIOS PREVIOS**

### **4.2.1. ESTUDIOS DE CAMPO**

De acuerdo a estudios ya llevados a cabo los factores que afectan severamente al pavimento asfáltico son los agentes erosivos y climáticos a los cuales se encuentran expuestos por el intemperismo que los caracteriza, esto sumado al daño ocasionado por la carga de tráfico constante que pasa por la carpeta asfáltica, puede originar la aparición de fallas tempranas en la superficie de rodadura, este fenómeno puede variar por la composición específica de las propiedades físicas de los agregados empleados según su origen.

A partir de esto es de suma importancia el caracterizar las propiedades físicas que presentan los componentes de una mezcla asfáltica en caliente, por ello se realizó un análisis previo del origen más empleado para la elaboración de las mezclas en los proyectos locales, teniendo de esta manera una demanda más elevada de agregados pluviales de los distritos de Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo.

El criterio que prioriza en la elección de una fuente de agregado aluvial es el costo de traslado o flete desde la planta chancadora de agregados hasta la planta asfáltica de donde se prepara la mezcla para el tendido en la carretera que está en ejecución. Muchas veces por economizar en costos de flete de agregados, se prefiere el alquilar una planta chancadora de agregados para procesar los áridos in situ, pero las fuentes pluviales siguen siendo los ríos de Pilcomayo, Chupuro y Matahuasi. Estas fuentes presentan distintas propiedades por lo cual deben de ser analizadas en laboratorio para encontrar una correlación.

### **4.2.2. ESTUDIOS DE LABORATORIO**

Es necesario, una vez obtenido el material necesario para los ensayos proyectados, hacer una selección de muestreo de materiales para tomar una muestra representativa del agregado a trabajar.

Por ello las muestras se obtendrán según la MTC E 201 donde se establecen los procedimientos correctos de muestreo del árido fino y grueso con la finalidad de observar y reportar los todos los fenómenos ocurridos durante cada ensayo, sin alterar las condiciones que el material presente.

Para la investigación en laboratorio se obtuvo agregados según el tipo y procedencia de:

- Agregado grueso de 1/2" de Chupuro.
- Agregado fino – Arena chancada de Chupuro.
- Agregado grueso de 1/2" de Matahuasi.
- Agregado fino – Arena chancada de Matahuasi.
- Agregado fino – Arena natural de Matahuasi.
- Agregado grueso de 3/4" de Pilcomayo.
- Agregado fino – Arena chancada de Pilcomayo.

#### **4.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO**

A continuación, se detalla los ensayos realizados en laboratorio bajo condiciones de variables controladas de las muestras control para realizar la correlación correspondiente de los resultados encontrados y de esta manera aportar información relevante basada en estudios sobre la cantera de agregado aluvial que presente mejores cualidades según su correlación con sus propiedades físicas propias.

##### **4.3.1. OE 1 – CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS ALUVIALES**

Para llevar a cabo la correlación de resultados se caracterizarán las propiedades físicas de los agregados provenientes de Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo, con la finalidad de encontrar la correlación entre estas y la adherencia que presenta la mezcla asfáltica en caliente.

Los siguientes ensayos se realizaron según la normativa del manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Dirección General de Caminos.

- **MTC E 205 - GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE FINOS**

El ensayo de gravedad específica y absorción de agregados fino se realiza 24 horas después de que el agregado fino se encuentre sumergido en agua, con la finalidad de hallar la gravedad específica, es decir, el volumen que ocupa el agregado en las mezclas que se realizan. También se emplea para obtener los valores de absorción

empleados para hallar la variación en la masa del agregado debido al agua absorbida en comparación a la condición seca del agregado.

El procedimiento requiere trabajar con una muestra de agregado fino sumergido y obtener el peso total luego de haber retirado de manera correcta las burbujas de aire. Después secar la muestra y obtener su peso. Con estos datos se obtiene el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino.

Se realizaron tres ensayos por cada fuente de agregado aluvial por prueba estadística no probabilística para la determinación del porcentaje de absorción de los agregados finos de Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo.

**Tabla 2: Porcentaje de absorción finos – Muestra 1**

AGREGADO	FINO		
	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO
FUENTE			
Wo	495.20	494.10	495.40
V	663.00	653.00	665.00
Va	419.00	422.00	416.00
Pem	2.03	2.14	1.99
PeSSS	2.05	2.16	2.01
Pea	2.07	2.20	2.03
Absorción	0.97	1.19	0.93

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3: Porcentaje de absorción finos – Muestra 2**

AGREGADO	FINO		
	FUENTE	CHUPURO	MATAHUASI
Wo	495.00	493.90	495.10
V	665.00	658.00	668.00
Va	423.00	426.00	418.00
Pem	2.05	2.13	1.98
PeSSS	2.07	2.16	2.00
Pea	2.09	2.19	2.02
Absorción	1.01	1.24	0.99

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4: Porcentaje de absorción finos – Muestra 3**

AGREGADO	FINO		
	FUENTE	CHUPURO	MATAHUASI
Wo	495.10	494.00	494.90
V	662.00	650.00	664.00
Va	417.00	421.00	414.00
Pem	2.02	2.16	1.98
PeSSS	2.04	2.18	2.00
Pea	2.06	2.22	2.02
Absorción	0.99	1.21	1.03

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$W_o$  = Peso en el aire seca al horno (gr)

$V$  = Volumen del frasco  $cm^3$

$V_a$  = Peso en gramos del agua añadida al frasco

Además:

$Pe_m$  = Peso específico de masa

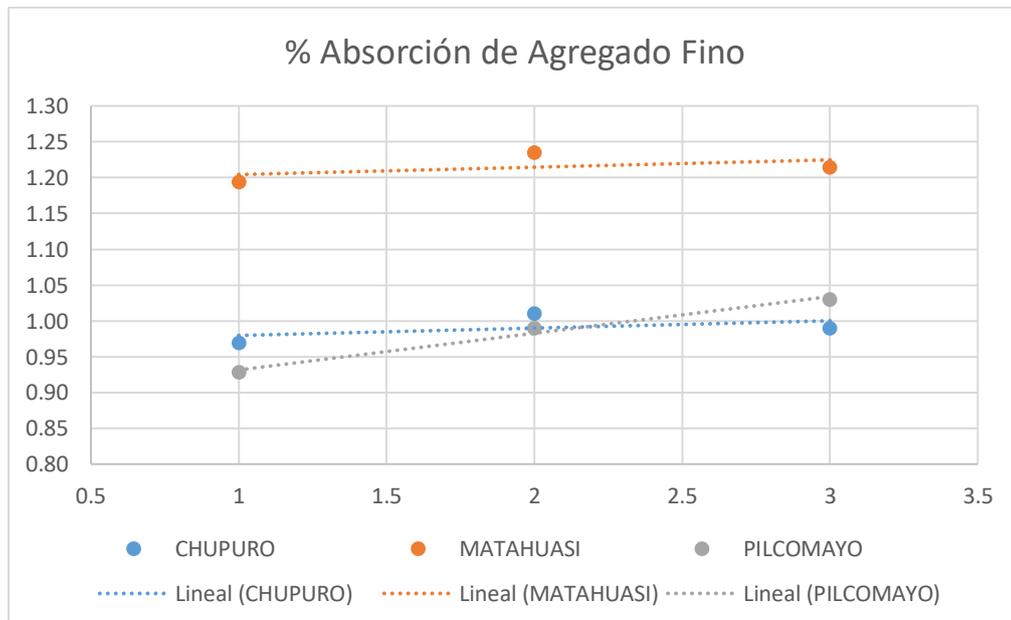
$Pe_{SSS}$  = Peso específico de masa saturada con superficie seca

$Pe_a$  = Peso específico aparente

$Ab$  = Absorción

En la figura 10 se muestra el resumen de los tres puntos tomados de la absorción de cada fuente de agregado aluvial, donde se puede apreciar que el agregado fino de Matahuasi presenta una mayor absorción y que los agregados finos de Chupuro y Pilcomayo presentan la misma absorción relativamente. Cabe resaltar que el agregado analizado en cada una de las canteras es arena chancada o procesada debido a que es el material que se obtiene a través de la planta chancadora de agregados.

**Figura 10: Resumen de porcentajes de absorción - Finos**



**Fuente: Elaboración propia**

- **MTC E 206 - PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE GRUESOS**

El ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos se realiza 24 horas de que el agregado grueso se encuentra sumergido en agua, con la finalidad de hallar la gravedad específica y el porcentaje de absorción.

El procedimiento requiere que el agregado grueso sea secado de manera uniforme y correctamente ventilado previo a ser sumergido por 24 horas en agua, luego se eliminará el agua excedente y así obtener el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca, después se pasa a sumergir la muestra saturada con superficie seca para obtener su peso en agua, y por último se seca la muestra y se obtiene su peso seco. Con estos datos se obtienen el peso específico de masa, el peso específico de masa saturada con superficie seca y el peso específico aparente, y el porcentaje de absorción del agregado grueso.

Se realizaron tres ensayos por cada fuente de agregado aluvial por prueba estadística no probabilística para la determinación del porcentaje de absorción de los agregados gruesos de Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo.

**Tabla 5: Peso específico y porcentaje de absorción gruesos – Muestra 1**

	<b>AGREGADO</b>	<b>GRUESO</b>			
	FUENTE	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO	Und.
A	P. Seco	1991.3	1989.9	2978.0	Kg
B	P. Saturada	2017.0	2019.2	3011.0	Kg
C	P. Agua	1257.0	1254.0	1888.0	Kg
	Pem	2.62	2.60	2.65	Kg/cm <sup>3</sup>
	PeSSS	2.65	2.64	2.68	Kg/cm <sup>3</sup>
	Pea	2.71	2.70	2.73	Kg/cm <sup>3</sup>
%	Absorción	1.29	1.47	1.11	%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6: Peso específico y porcentaje de absorción gruesos – Muestra 2**

AGREGADO		GRUESO			
	FUENTE	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO	Und.
A	P. Seco	1989.1	1988.4	2981.0	Kg
B	P. Saturada	2015.0	2017.4	3013.0	Kg
C	P. Agua	1256.0	1255.0	1890.0	Kg
	Pem	2.62	2.61	2.65	Kg/cm <sup>3</sup>
	PeSSS	2.65	2.65	2.68	Kg/cm <sup>3</sup>
	Pea	2.71	2.71	2.73	Kg/cm <sup>3</sup>
%	Absorción	1.30	1.46	1.07	%

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7: Peso específico y porcentaje de absorción gruesos – Muestra 3**

AGREGADO		GRUESO			
	FUENTE	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO	Und.
A	P. Seco	1992.9	1990.7	2985.0	Kg
B	P. Saturada	2018.0	2020.4	3017.5	Kg
C	P. Agua	1255.0	1252.0	1887.0	Kg
	Pem	2.61	2.59	2.64	Kg/cm <sup>3</sup>
	PeSSS	2.64	2.63	2.67	Kg/cm <sup>3</sup>
	Pea	2.70	2.69	2.72	Kg/cm <sup>3</sup>
%	Absorción	1.26	1.49	1.09	%

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$A = \text{Peso de la muestra en el aire (gr)}$

$B = \text{Peso de la muestra saturada superficialmente seca al aire (gr)}$

$C = \text{Peso en el agua de la muestra saturada (gr)}$

Además:

$Pe_m = \text{Peso específico de masa}$

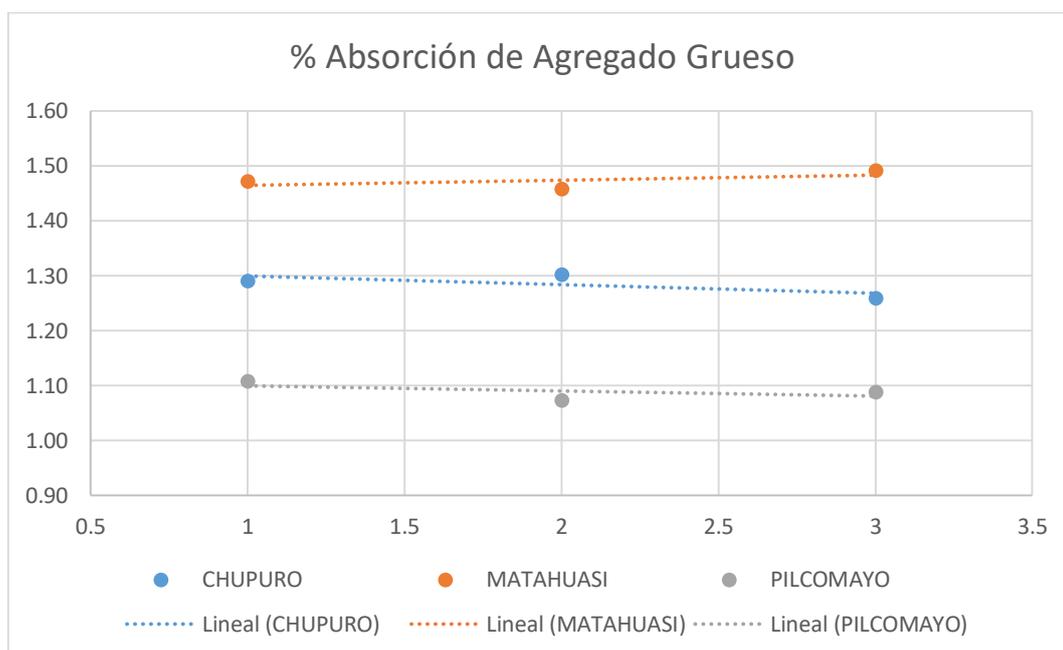
$Pe_{SSS} = \text{Peso específico de masa saturada con superficie seca}$

$Pe_a = \text{Peso específico aparente}$

$Ab = \text{Absorción}$

En la figura 11 se muestra el resumen de los tres puntos tomados de la absorción de cada fuente de agregado aluvial, donde se puede apreciar que el agregado grueso de Matahuasi presenta una mayor absorción y que el agregado grueso de Pilcomayo presenta una menor absorción en comparación a las demás. Cabe resaltar que el agregado analizado en cada una de las canteras es piedra de  $\frac{3}{4}$ " para Pilcomayo; piedra de  $\frac{1}{2}$ " para Chupuro y Matahuasi.

**Figura 11: Resumen de porcentajes de absorción - gruesos**



**Fuente: Elaboración propia**

- **MTC E 210 - DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS O PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO**

El Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso tiene como objetivo trabajar con agregado grueso que contenga partículas fracturadas y obtener su porcentaje en masa o cantidad.

El procedimiento requiere trabajar con la muestra adecuadamente secada para un correcto tamizado, se trabajará con la muestra retenida en el tamiz de 4,75 mm. Luego se lavará la muestra de nuevo en el tamiz para eliminar los finos que quedan, después se colocará la muestra en un paño liso y se separará de acuerdo al número de caras fracturadas y las que no recurren al criterio especificado, y se determinará la masa o cantidad de cada grupo obtenido.

Finalmente se obtendrán los porcentajes de partículas con el número especificado de caras fracturadas con relación a la masa o cantidad de partículas fracturadas y el total de esta con la masa o cantidad de partículas no fracturadas. Se realizó el ensayo para los agregados gruesos de Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo

obteniendo los datos a través de los pesos por la clasificación de cada cara fracturada.

**Tabla 8: Datos de caras fracturadas - Chupuro**

<b>FUENTE</b>	<b>CHUPURO</b>
RETENIDO	1/2"
RETENIDO (gr)	500.00
REDONDEADAS	68.00
1 CARA	172.00
2 CARAS	260.00
%1 CARA	71.67
>%2 CARAS	79.27

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo caras fracturadas)

**Tabla 9: Datos de caras fracturadas - Matahuasi**

<b>FUENTE</b>	<b>MATAHUASI</b>
RETENIDO	1/2"
RETENIDO (gr)	500.00
REDONDEADAS	202.00
1 CARA	143.00
2 CARAS	155.00
%1 CARA	41.45
>%2 CARAS	43.42

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo caras fracturadas)

**Tabla 10: Datos de caras fracturadas - Pilcomayo**

<b>FUENTE</b>	<b>PILCOMAYO</b>
RETENIDO	1/2"
RETENIDO (gr)	500.00
REDONDEADAS	38.00
1 CARA	183.00
2 CARAS	279.00
%1 CARA	82.81
>%2 CARAS	88.01

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo caras fracturadas)**

Donde:

*P = Porcentaje de partículas con el número especificado de caras f.*

*F = Masa de partículas fracturadas del número especificado*

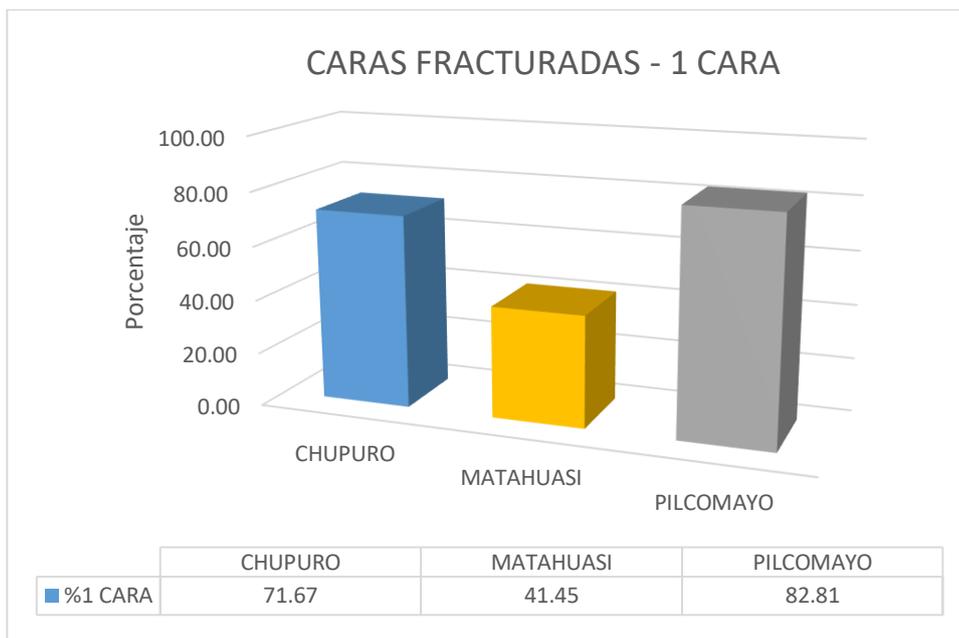
*N = Masa de partículas no fracturadas*

Además:

$$P = \frac{F}{(F + N)} * 100$$

La geométrica como característica física de las partículas de agregado grueso juega un rol muy importante en la mezcla asfáltica, ya que la forma la textura, cubicidad y angulosidad, conformando el esqueleto de la mezcla. Por esto en la figura 12 se tiene que, para una cara fracturada, Pilcomayo presenta las mejores cualidades con un 82.81% y por otro lado se tiene que el agregado de Matahuasi presenta el índice más bajo a una cara con un 41.45%.

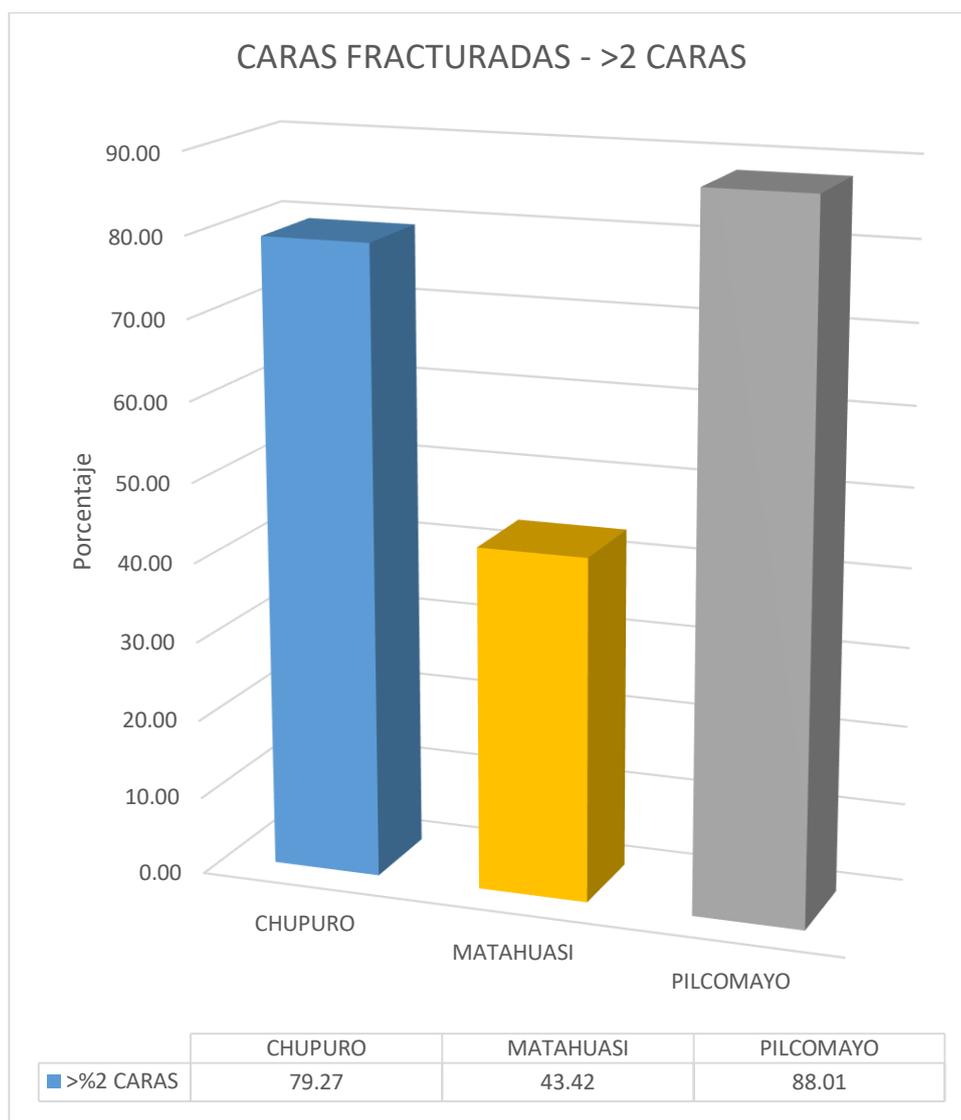
**Figura 12: Resumen de caras fracturadas – 1 Cara**



**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 13 se tiene que, para más de dos caras fracturadas, Pilcomayo presenta las mejores cualidades con un 88.01% y por otro lado se tiene que el agregado de Matahuasi presenta el índice más bajo a una cara con un 43.42%.

**Figura 13: Resumen de caras fracturadas – >2 Caras**



**Fuente: Elaboración propia**

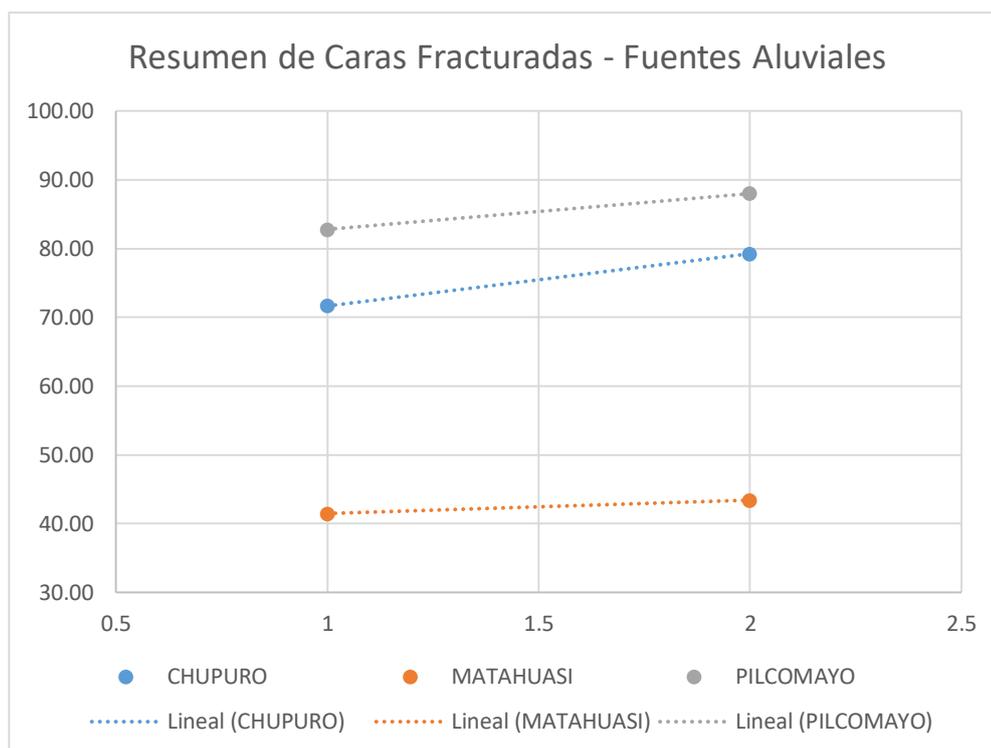
**Tabla 11: Resumen de datos - Caras fracturadas**

FUENTE	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO
%1 CARA	71.67	41.45	82.81
>%2 CARAS	79.27	43.42	88.01

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo caras fracturadas)

En la figura 14 se tiene el resumen de los datos obtenidos por caras fracturadas en cada agregado ensayado, manteniendo de esta manera el mejor porcentaje el agregado pluvial proveniente de Pilcomayo.

**Figura 14: Resumen general de caras fracturadas**



Fuente: Elaboración propia

- **MTC E 223 - PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS**

El ensayo de partículas chatas y alargadas en agregados tiene como objetivo determinar los porcentajes de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso, este método provee el medio para comprobar si se cumplen las especificaciones para estas partículas en las características del agregado grueso.

El procedimiento requiere una muestra cuarteada que presente partículas chatas y alargadas con dimensiones superiores a un valor especificado. Se empleará la muestra pasante de tamiz 9,5 mm en un aproximado de 10% o 100 partículas, se ensayará esta muestra separándola en tres grupos: chatas, alargadas y ni chatas ni alargadas. Después para las partículas chatas se ajustará la abertura entre el brazo mayor y el poste, al ancho de la partícula; la partícula es chata si su espesor pasa por la menor abertura, para las partículas alargadas se ajustará la abertura mayor a la longitud de la partícula; la partícula es alargada si su ancho pasa por la abertura menor. Finalmente se determinará la proporción de la muestra por cada grupo y se calculará el porcentaje de partículas chatas y alargadas. En análisis se realizó por separado para los agregados pluviales de Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo.

**Tabla 12:: Partículas chatas - Chupuro**

	CHATAS				
	MUESTRA 2-CHUPURO				
Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
Peso	187	649	164	0	0
Porcentaje	19%	65%	16%	0%	0%

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)**

**Tabla 13: Partículas chatas - Matahuasi**

	<b>CHATAS</b>				
	<b>MUESTRA 1- MATAHUASI</b>				
<b>Abertura</b>	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
<b>Peso</b>	653	301	46	0	0
<b>Porcentaje</b>	65%	30%	5%	0%	0%

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)**

**Tabla 14: Partículas chatas - Pilcomayo**

	<b>CHATAS</b>				
	<b>MUESTRA 3- PILCOMAYO</b>				
<b>Abertura</b>	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
<b>Peso</b>	164	807	2005	24	0
<b>Porcentaje</b>	5%	27%	67%	1%	0%

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)**

**Tabla 15: Partículas alargadas - Chupuro**

	<b>ALARGADAS</b>				
	<b>MUESTRA 1- CHUPURO</b>				
<b>Abertura</b>	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
<b>Peso</b>	27	160	121	619	73
<b>Porcentaje</b>	3%	16%	12%	62%	7%

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)**

**Tabla 16: Partículas alargadas - Matahuasi**

	<b>ALARGADAS</b>				
	MUESTRA 1- MATAHUASI				
<b>Abertura</b>	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
<b>Peso</b>	47	286	187	428	52
<b>Porcentaje</b>	5%	29%	19%	43%	5%

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)

**Tabla 17: Partículas alargadas - Pilcomayo**

	<b>ALARGADAS</b>					
	MUESTRA 1- PILCOMAYO					
<b>Abertura</b>	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	37.5 a 28
<b>Peso</b>	2	62	47	1092	474	323
<b>Porcentaje</b>	0%	3%	2%	55%	24%	16%

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)

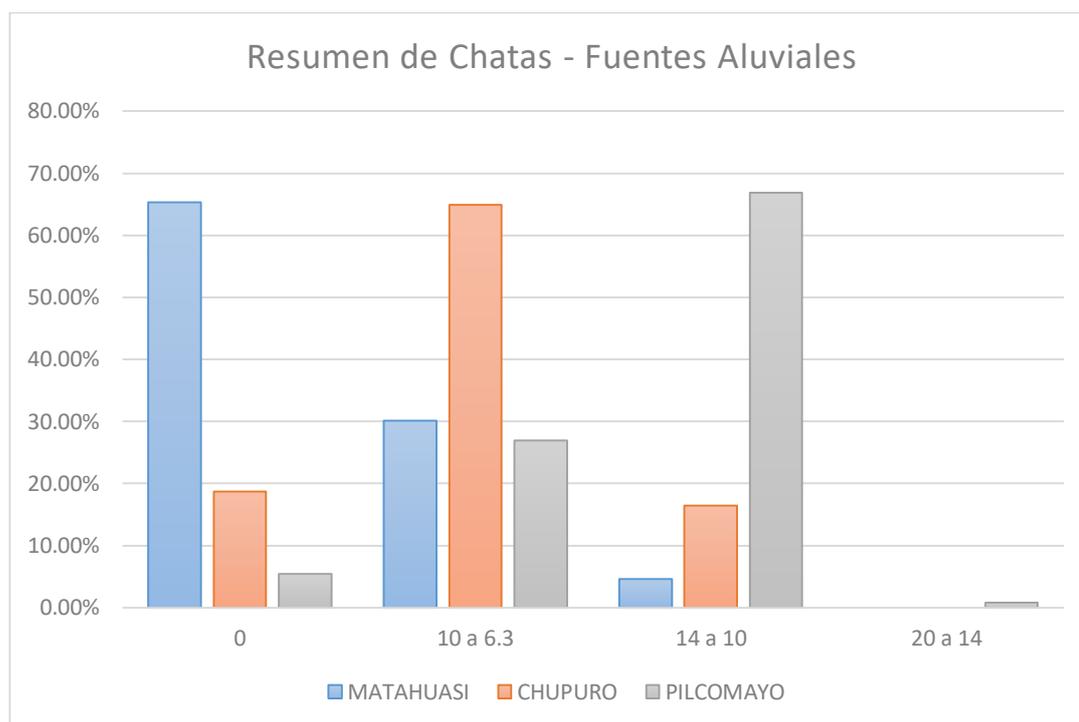
Finalmente, en la tabla 18 se tiene el resumen de la clasificación de partículas chatas por cada abertura para el análisis gráfico de los resultados obtenidos.

**Tabla 18: Resumen de chatas por agregado aluvial**

	<b>CHATAS</b>		
	MATAHUASI	CHUPURO	PILCOMAYO
0	65.30%	18.70%	5.47%
10 a 6.3	30.10%	64.90%	26.90%
14 a 10	4.60%	16.40%	66.83%
20 a 14	0.00%	0.00%	0.80%

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)

**Figura 15: Resumen partículas chatas por fuente aluvial**



**Fuente: Elaboración propia**

Finalmente, en la tabla 19 se tiene el resumen de la clasificación de partículas alargadas por cada abertura para el análisis gráfico de los resultados obtenidos.

**Tabla 19: Resumen de alargadas por agregado aluvial**

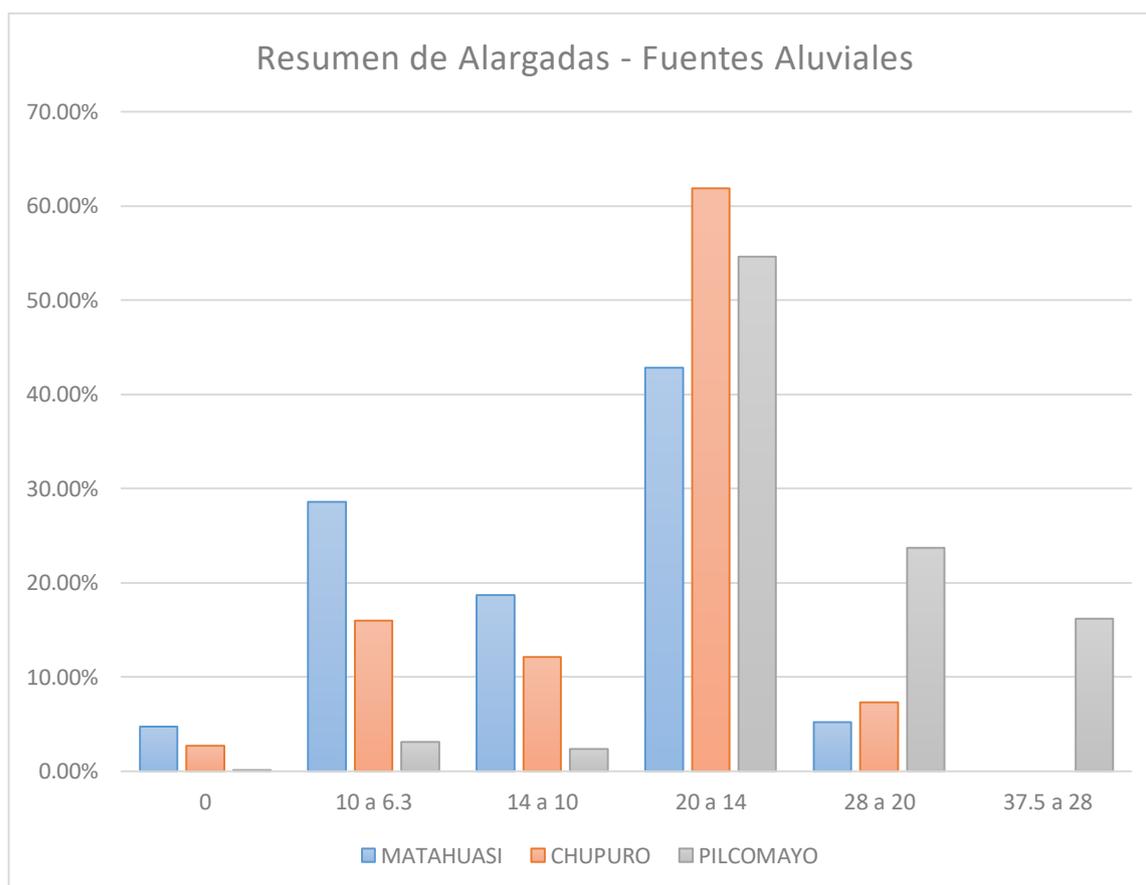
	ALARGADAS		
	MATAHUASI	CHUPURO	PILCOMAYO
0	4.70%	2.70%	0.10%
10 a 6.3	28.60%	16.00%	3.10%
14 a 10	18.70%	12.10%	2.35%
20 a 14	42.80%	61.90%	54.60%
28 a 20	5.20%	7.30%	23.70%
37.5 a 28	0.00%	0.00%	16.15%

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 - Contenido chatas y alargadas en agregados)**

En la figura 15 y 16 se observan los resultados de la clasificación por los calibradores, de lo cual se puede afirmar a partir del análisis de que un alto porcentaje de partículas chatas y alargadas dentro de la mezcla asfáltica puede originar un mal comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente. En este caso tenemos que las partículas chatas en Matahuasi representan un porcentaje importante en el agregado lo cual es perjudicial en su comportamiento estable, por otro lado, el agregado que presentan mayor porcentaje perjudicial de partículas alargadas también es el proveniente de Matahuasi.

También se deduce de los resultados obtenidos que el agregado pluvial proveniente de Pilcomayo es el que presenta menores porcentajes en comparación de partículas chatas y alargadas.

**Figura 16: Resumen partículas alargadas por fuente aluvial**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.3.2. OE 2 – PORCENTAJE DE ADHERENCIA**

El ensayo de adherencia tiene una gran importancia en el estudio de la mezcla asfáltica en caliente ya que los resultados nos permiten valorar e idealizar a la hora de elegir la fuente de agregados aluviales producidos en plantas chancadoras. La finalidad de este ensayo es correlacionar los resultados con características físicas presentes en cara tipo de agregado aluvial.

- **MTC E 520 - ADHERENCIA EN BANDEJA**

El ensayo de Adherencia en bandeja tiene como objetivo hallar el porcentaje de adherencia entre un ligante bituminoso y una muestra representativa del agregado grueso que se va a emplear en un pavimento asfáltico.

El procedimiento requiere ligante bituminoso que se empleará en el campo, a una temperatura de 125°C en una bandeja que cubra 2 mm de espesor, se colocará en esta bandeja 50 partículas y se dejará enfriar por treinta minutos y después se pondrá la bandeja en el horno por 24 horas. Luego se agregará agua hasta cubrir las partículas, por cuatro días en baño maría a temperatura constante de 50 °C. Finalmente se evaluará mediante una inspección visual, el porcentaje aproximado que cada partícula presenta de asfalto pegado en ellas. Teniendo como resultado el porcentaje total que las cincuenta partículas cubiertas de asfalto presentan.

Donde:

1. Completamente descubiertas- Menos de 25%
2. Parcialmente descubiertas- Entre 25% y 75%
3. Cubiertas- más del 75%
4. Calculo:
5. Completamente descubiertas = "0"
6. Parcialmente descubiertas = "1"
7. Cubiertas = "2"

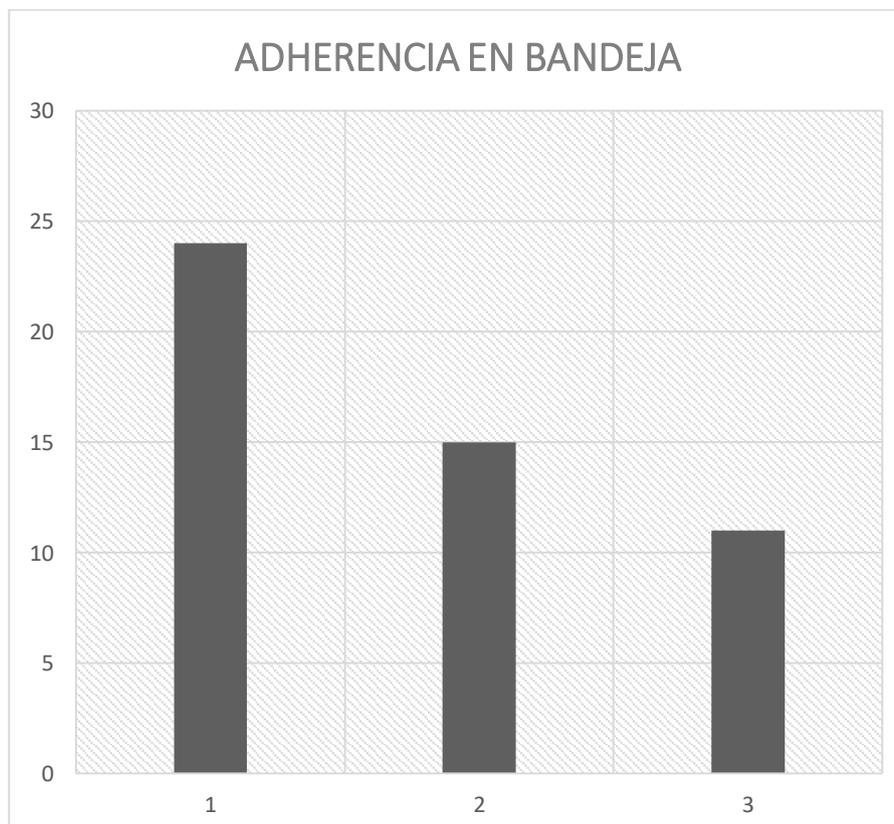
Tabla 20: Agregado Chupuro – Muestra 1

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	X	1	X
21	X	X	1
22	X	X	1
23	X	1	X
24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	X	X	1
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	X	1	X

38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	X	X	1
45	X	X	1
46	X	1	X
47	X	1	X
48	X	1	X
49	X	1	X
50	1	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>11</b>

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de adherencia en bandeja)

Figura 17: Diagrama de Chupuro – M1



Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de adherencia en bandeja)

**Tabla 21: Porcentaje adherencia Chupuro – Muestra 1**

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	24	15	11
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	15	22
	<b>% ADHERENCIA</b>		<b>37%</b>

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de adherencia en bandeja)**

De la misma forma se obtuvo tres muestras para cada fuente de agregado aluvial, presente en Anexos 3, dentro de los certificados obtenidos de los ensayos de adherencia en bandeja. A continuación, se presenta el porcentaje de adherencia en bandeja para Matahuasi en la tabla 22.

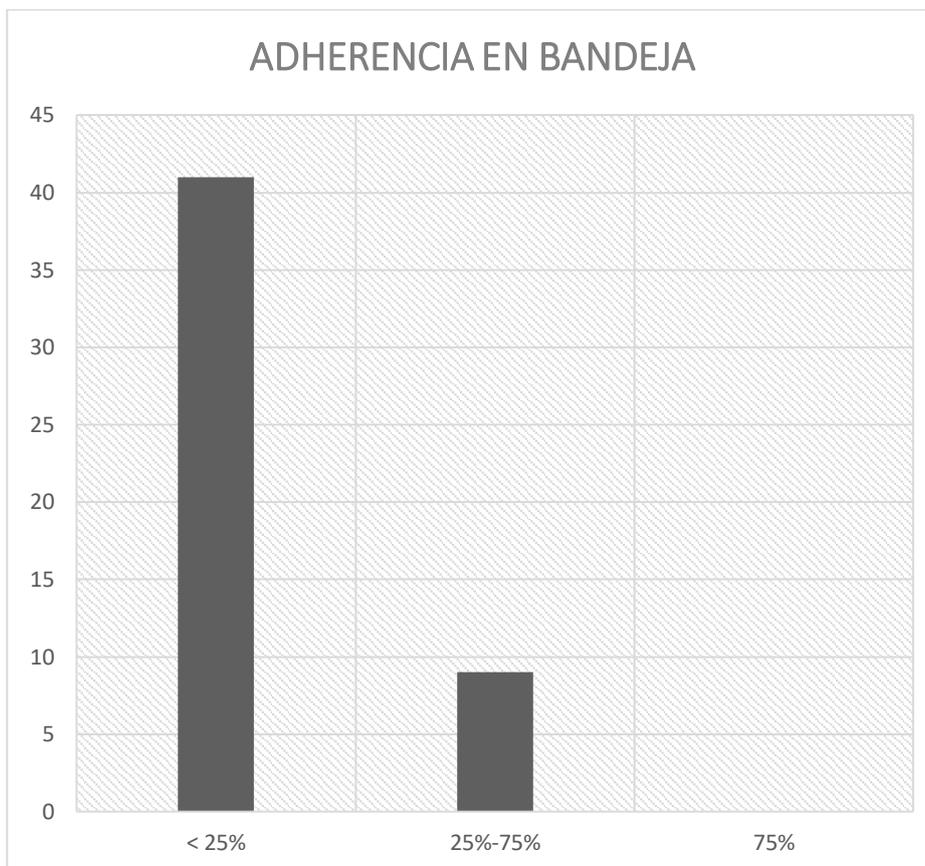
**Tabla 22: Agregado Matahuasi – Muestra 1**

MUESTRA	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	1	X	X
4	1	X	X
5	1	X	X
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	1	X	X
11	1	X	X
12	1	X	X
13	1	X	X
14	1	X	X
15	1	X	X

16	1	X	X
17	1	X	X
18	1	X	X
19	1	X	X
20	X	1	X
21	1	X	X
22	1	X	X
23	X	1	X
24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	1	X	X
33	1	X	X
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	1	X	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	1	X	X
41	1	X	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	1	X	X
45	1	X	X
46	X	1	X
47	X	1	X
48	1	X	X
49	X	1	X
50	1	X	X
TOTAL	41	9	0

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de Adherencia en Bandeja)

**Figura 18: Diagrama de Matahuasi – M1**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23: Porcentaje Adherencia Matahuasi – Muestra 1**

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
TOTAL	41	9	0
FACTOR	0	1	2
% TOTAL	0	9	0
	% ADHERENCIA		9%

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de adherencia en bandeja)

De la misma forma se obtuvo tres muestras para los agregados de Matahuasi, presente en Anexos 3, dentro de los certificados obtenidos de los ensayos de

adherencia en bandeja. A continuación, se presenta el porcentaje de adherencia en bandeja para Pilcomayo en la tabla 24.

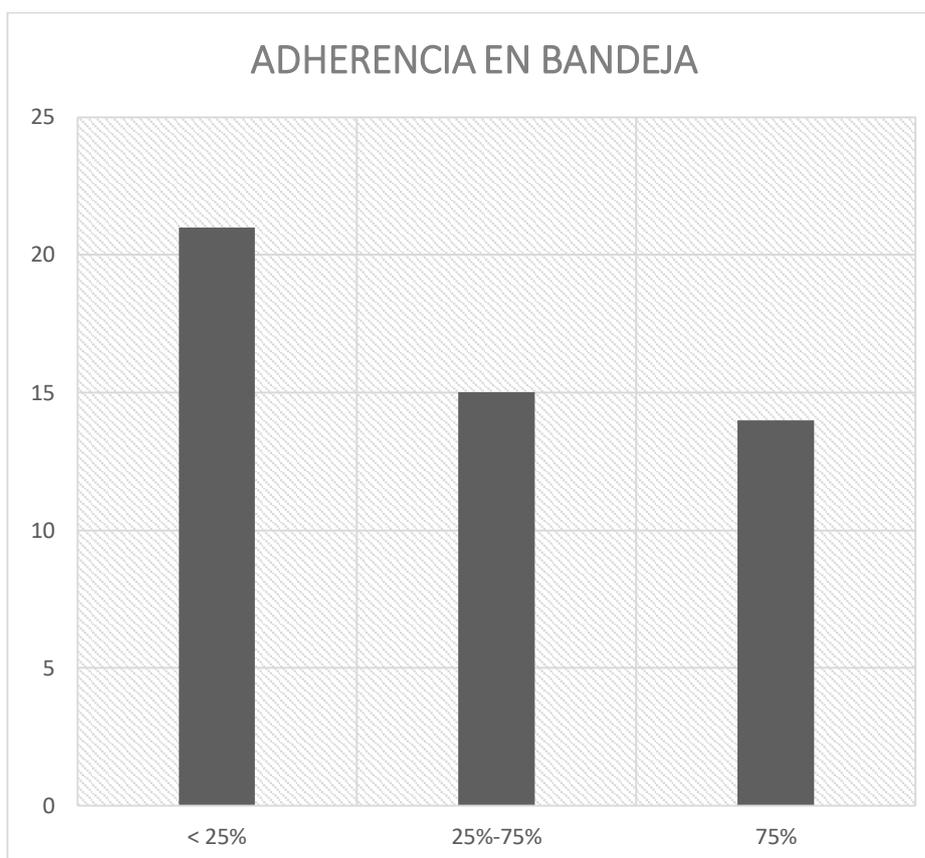
**Tabla 24: Agregado Pilcomayo – Muestra 1**

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	X	1	X
21	X	X	1
22	X	X	1
23	X	1	X
24	1	X	X

25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	X	X	1
34	1	X	X
35	X	X	1
36	1	X	X
37	X	1	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	X	X	1
43	X	1	X
44	X	X	1
45	X	X	1
46	X	1	X
47	X	1	X
48	X	1	X
49	X	1	X
50	X	X	1
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>14</b>

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de adherencia en bandeja)

**Figura 19: Diagrama de Pilcomayo – M1**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25: Porcentaje adherencia Pilcomayo – Muestra 1**

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	21	15	14
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	15	28
	<b>% ADHERENCIA</b>		<b>43%</b>

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de adherencia en bandeja)

**a. Resumen adherencia en bandeja:**

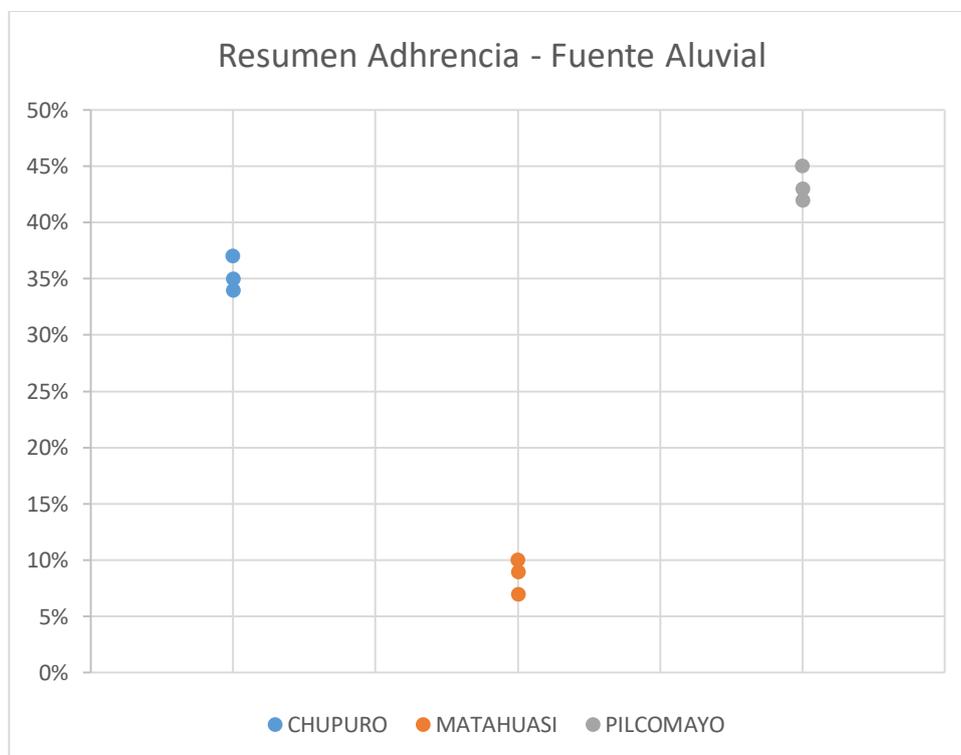
Se tiene la comparación de los porcentajes de adherencia de cada fuente aluvial en Chupuro, Matahuasi y Pilcomayo. De esta manera se puede observar en la tabla 23 se ve que Pilcomayo es el agregado que tiene un mayor porcentaje de adherencia con un 45%.

**Tabla 26: Comparación de adherencia por fuente aluvial**

	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO
M - 4 Días	37%	9%	43%
M - 4 Días	35%	10%	42%
M - 4 Días	34%	7%	45%

Fuente: Elaboración propia (Anexo 3 – Ensayo de adherencia en bandeja)

**Figura 20: Comparación de adherencia por fuente aluvial**



Fuente: Elaboración propia

### **4.3.3. OE 3 – PORCENTAJE DE PÉRDIDA AL CÁNTABRO UCL**

La importancia de este ensayo para la investigación radica en el hecho de que el método universal de ligantes emplea el conjunto de agregados dentro de su análisis, es decir se emplea el agregado grueso de 1/2", 3/4" y los agregados finos naturales y chancados. La elaboración de las muestras a ensayas fueron fabricadas bajo la metodología UCL y con el agregado correspondiente por cada fuente aluvial de agregados.

- **MTC E 515 - ENSAYO CÁNTABRO DE PÉRDIDA POR DESGASTE**

El ensayo de caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida por desgaste tiene como objetivo empleando la máquina de Los Ángeles, determinar el valor de la pérdida por desgaste de las mezclas asfálticas.

El procedimiento requiere una fabricación de probetas con un porcentaje de 4.5% de ligante ensayado a una temperatura de 105 a 110 °C en la mezcla y en la compactación, luego se pesan en un recipiente tarado las cantidades de los agregados necesarias para la fabricación de una probeta, de modo que el total sea de 1.25 kg. El resto del proceso será el indicado en la norma, para la elaboración de las probetas Marshall, la energía de compactación será de 50 golpes por cara y después de desmoldar las probetas se obtendrán su densidad y contenido de vacíos a partir de su volumen y densidad relativa de los materiales. Después, para este ensayo se requerirán las masas de cada probeta a una temperatura de 15 a 30 °C, luego empleando la máquina de Los Ángeles y sin la carga de las bolas se hace girar el tambor a la misma velocidad normalizada de 300 vueltas, obteniendo al final los pesos de las probetas nuevamente. Obteniendo así el porcentaje del valor de la pérdida por desgaste entre la diferencia de masas y la masa antes de emplear la máquina de Los Ángeles.

Es necesario realizar un análisis granulométrico para los agregados, ya que de esta manera se obtendrá un diseño de mezcla según la metodología Marshall de esta manera fabricar las briquetas que se llevaran a analizar por pérdida en cántabro según UCL.

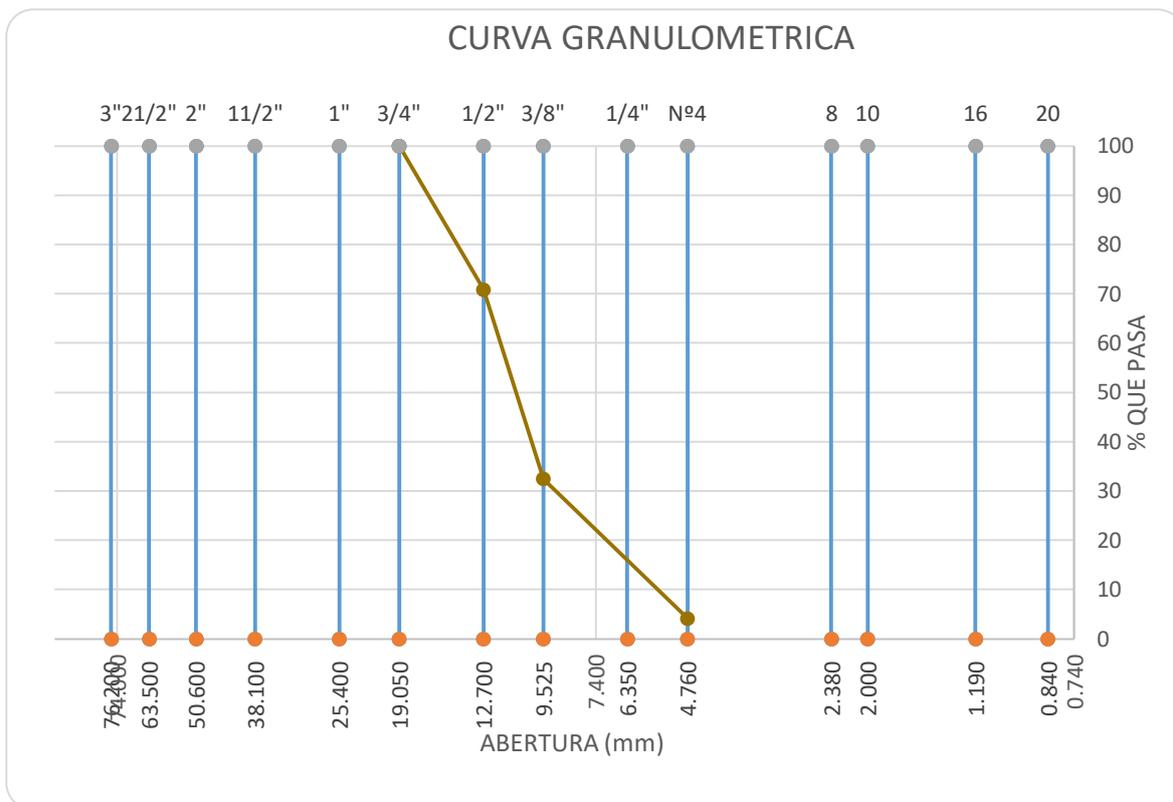
- **GRANULOMETRÍAS**

**Tabla 27: Granulometría piedra 1/2" - Chupuro**

<b>PESO</b>	<b>3000</b>	<b>Piedra 1/2"</b>			
<b>Mallas</b>		<b>Peso</b>	<b>% Ret.</b>	<b>% Ret.</b>	<b>% que</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm.</b>	<b>(gr)</b>	<b>Parcial</b>	<b>Acum.</b>	<b>Pasa</b>
3"	76.2	0	0	0	0
2 1/2"	63.5	0	0	0	0
2"	50.6	0	0	0	0
1 1/2"	38.1	0	0	0	0
1"	25.4	0	0	0	0
3/4"	19.1	0	0	0.0	100.0
1/2"	12.7	874.7	29.2	29.2	70.8
3/8"	9.5	1151.9	38.4	67.6	32.5
4	4.8	850.7	28.4	95.9	4.1
8	2.4	103.5	3.5	99.4	0.6
10	2.0	2.8	0.1	99.5	0.5
16	1.2	1.5	0.0	99.5	0.5
30	0.6	1.2	0.0	99.5	0.5
40	0.4	0.6	0.0	99.6	0.4
50	0.3	0.3	0.0	99.6	0.4
80	0.2	2.1	0.1	99.6	0.4
100	0.1	0.5	0.0	99.7	0.3
200	0.1	2.5	0.1	99.7	0.3
< 200	-	7.8	0.3	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 21: Curva granulométrica piedra 1/2" - Chupuro**



Fuente: Elaboración propia

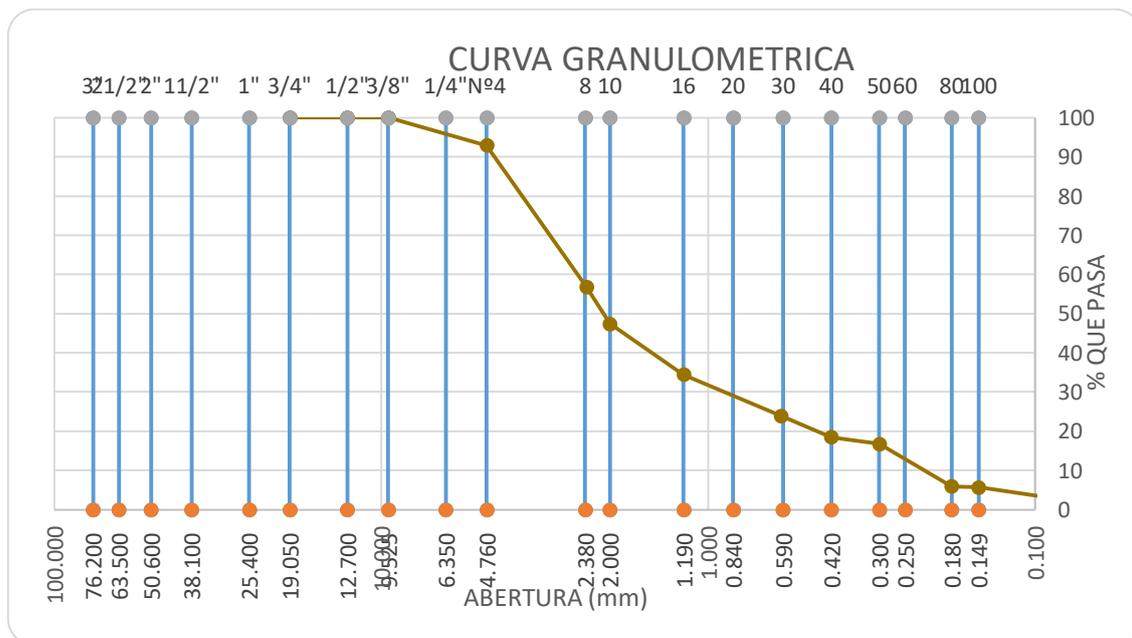
**Tabla 28: Granulometría arena chancada - Chupuro**

PESO	1500	Arena Chancada			
Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.2	0	0	0	100
2 1/2"	63.5	0	0	0	100
2"	50.6	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
3/4"	19.1	0	0	0.0	100.0

1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.8	106.4	7.1	7.1	92.9
8	2.4	541.5	36.1	43.2	56.8
10	2.0	141.6	9.4	52.6	47.4
16	1.2	193.8	12.9	65.6	34.5
30	0.6	158.3	10.6	76.1	23.9
40	0.4	81.3	5.4	81.5	18.5
50	0.3	25.8	1.7	83.2	16.8
80	0.2	163.1	10.9	94.1	5.9
100	0.1	2.7	0.2	94.3	5.7
200	0.1	56.3	3.8	98.0	2.0
< 200		29.4	2.0	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Curva Granulométrica arena chancada - Chupuro



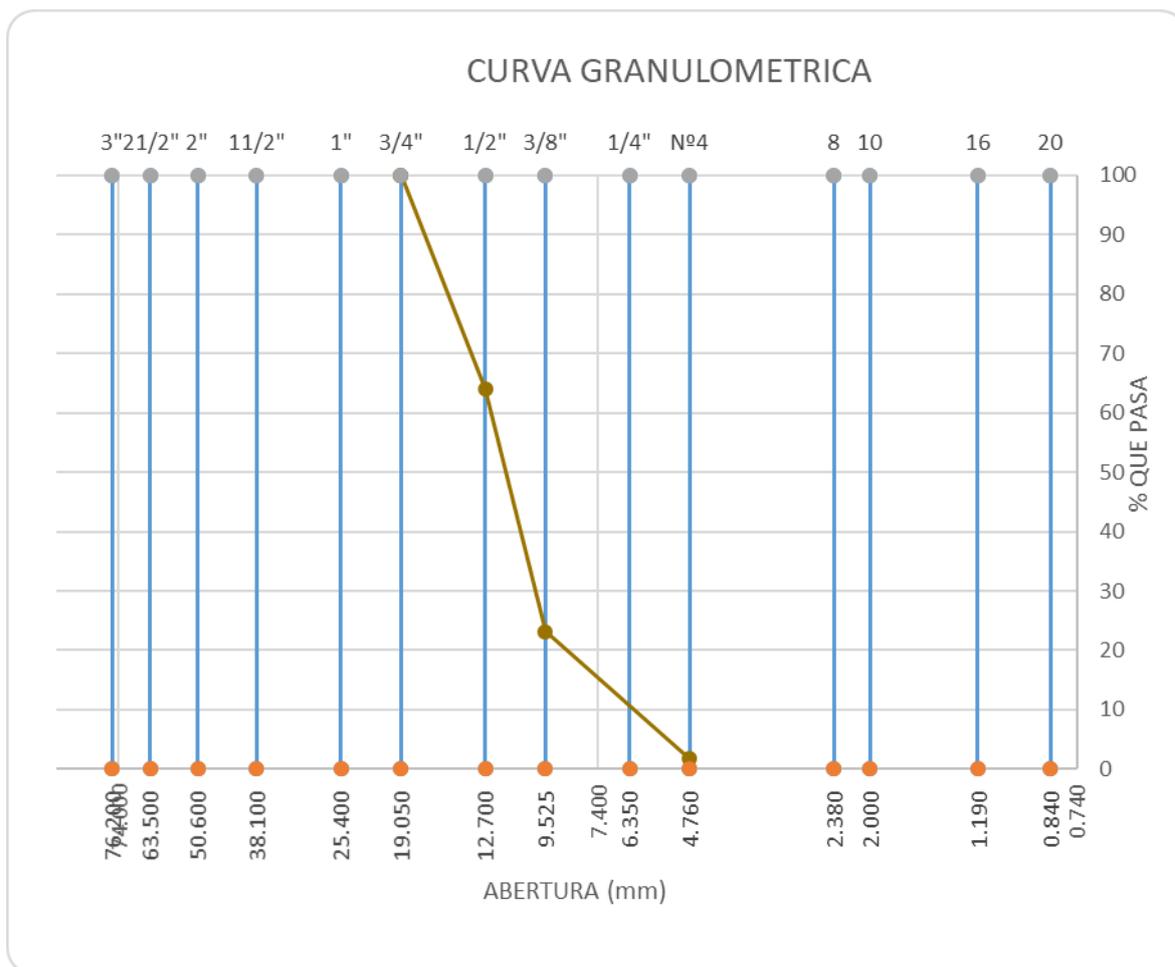
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29: Granulometría piedra ½" - Matahuasi**

PESO	3000	Piedra 1/2"			
Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3" sic	76.2	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2" sic	50.6	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1" sic	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	1077.3	35.9	35.9	64.1
3/8"	9.5	1226.4	40.9	76.8	23.2
4	4.8	645.3	21.5	98.3	1.7
8	2.4	37.5	1.3	99.6	0.4
10	2.0	0.3	0.0	99.6	0.4
16	1.2	0.3	0.0	99.6	0.4
30	0.6	0.6	0.0	99.6	0.4
40	0.4	0.6	0.0	99.6	0.4
50	0.3	0.6	0.0	99.6	0.4
80	0.2	0.6	0.0	99.7	0.3
100	0.1	1.5	0.0	99.7	0.3
200	0.1	2.4	0.1	99.8	0.2
< 200		6.6	0.2	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 23: Curva granulométrica piedra 1/2" - Matahuasi**



Fuente: Elaboración propia

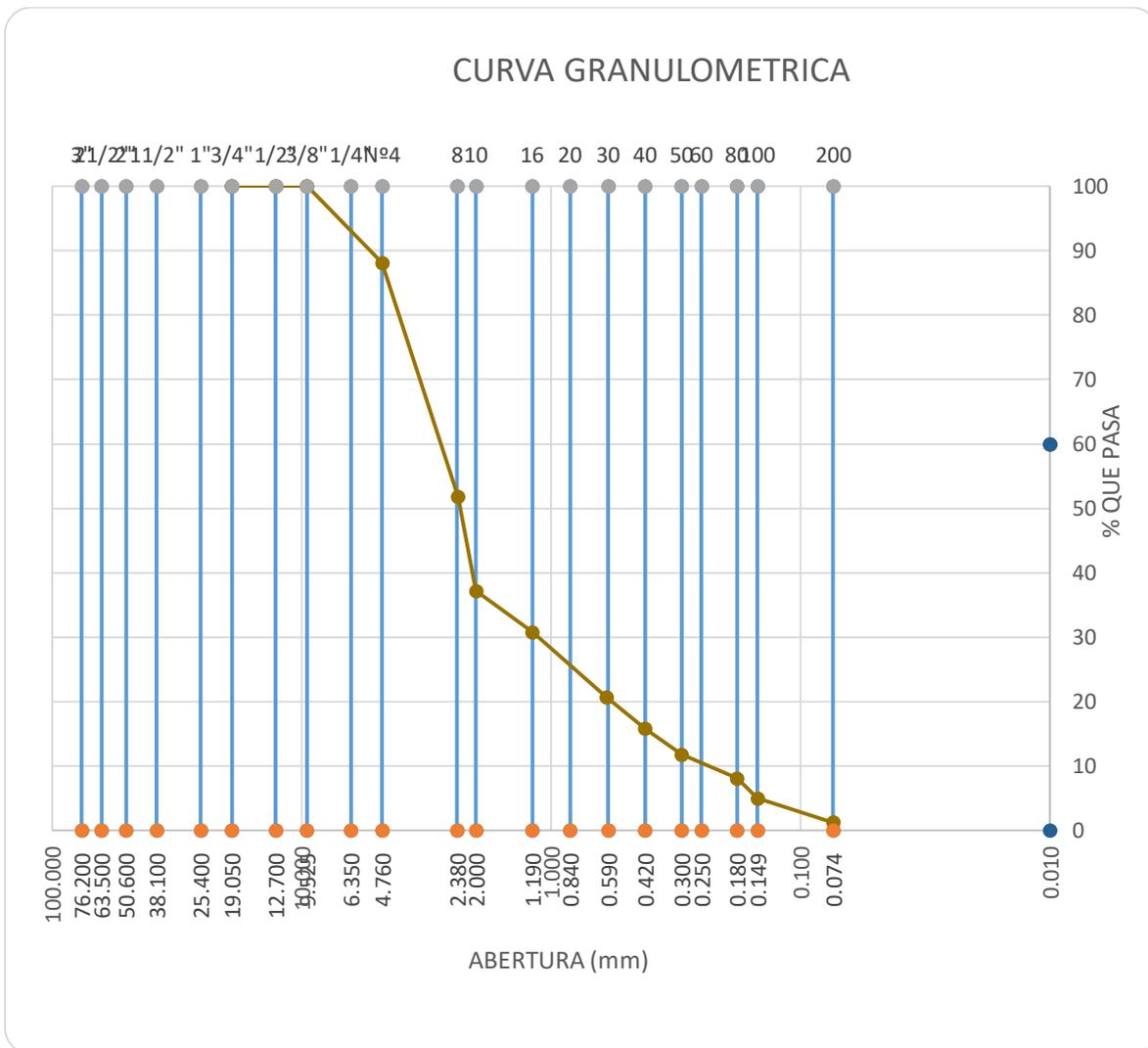
**Tabla 30: Granulometría arena chancada - Matahuasi**

PESO	1500	Arena Chancada			
Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3" sic	76.2	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2" sic	50.6	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1" sic	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0

3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.8	178.5	11.9	11.9	88.1
8	2.4	544.2	36.3	48.2	51.8
10	2.0	219.9	14.7	62.8	37.2
16	1.2	95.7	6.4	69.2	30.8
30	0.6	151.5	10.1	79.3	20.7
40	0.4	73.8	4.9	84.2	15.8
50	0.3	59.7	4.0	88.2	11.8
80	0.2	55.8	3.7	91.9	8.1
100	0.1	45.3	3.0	95.0	5.0
200	0.1	55.8	3.7	98.7	1.3
< 200		19.8	1.3	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 24: Curva granulométrica arena cchancada - Matahuasi**



Fuente: Elaboración propia

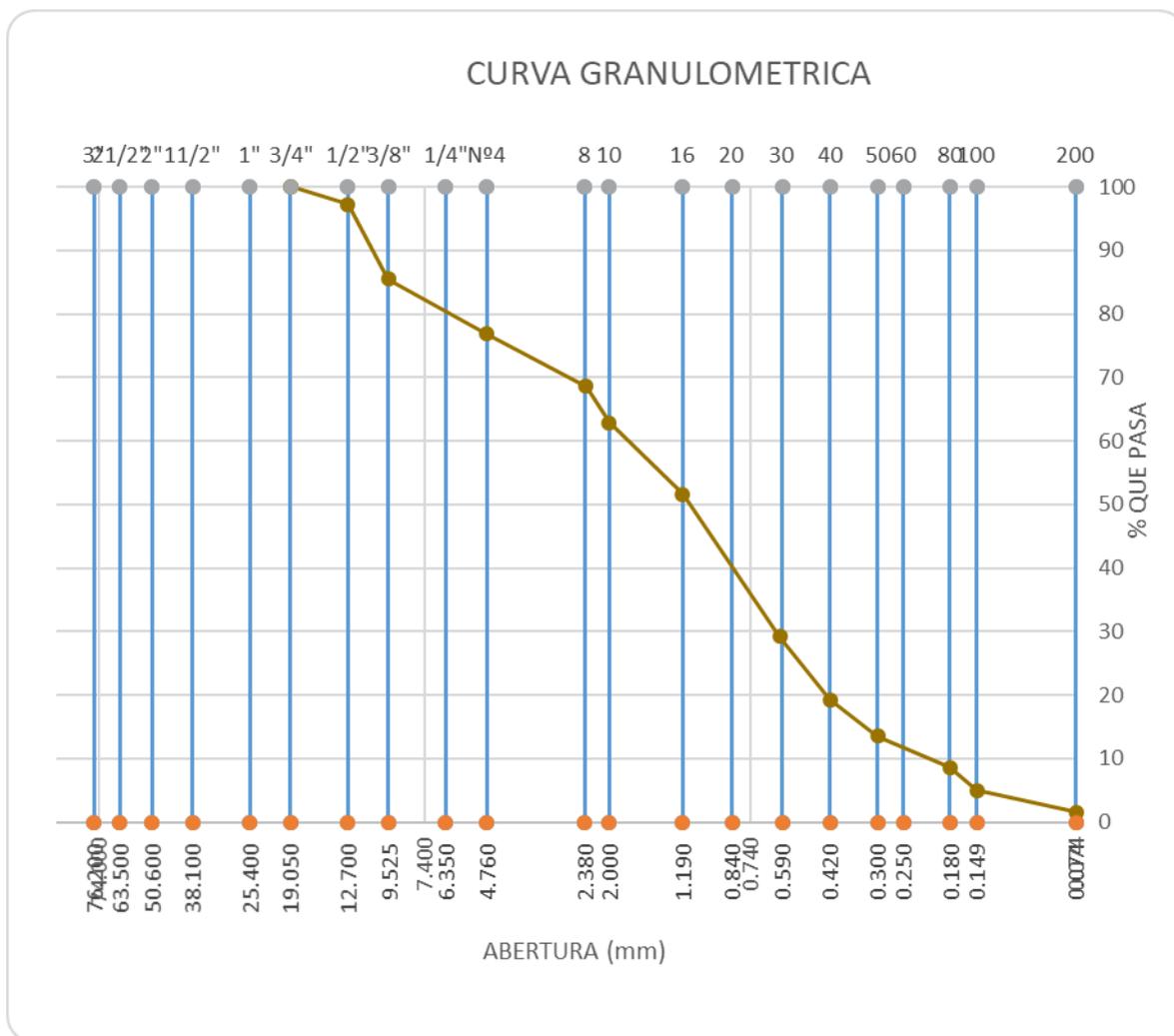
**Tabla 31: Granulometría arena natural - Matahuasi**

PESO	1500	Arena Natural			
Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3" sic	76.2	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2" sic	50.6	0.0	0.0	0.0	100.0

1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1" sic	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	41.7	2.8	2.8	97.2
3/8"	9.5	176.1	11.7	14.5	85.5
4	4.8	130.2	8.7	23.2	76.8
8	2.4	122.7	8.2	31.4	68.6
10	2.0	86.1	5.7	37.1	62.9
16	1.2	168.6	11.2	48.4	51.6
30	0.6	336.6	22.4	70.8	29.2
40	0.4	149.1	9.9	80.7	19.3
50	0.3	85.8	5.7	86.5	13.5
80	0.2	73.8	4.9	91.4	8.6
100	0.1	54.3	3.6	95.0	5.0
200	0.1	51.9	3.5	98.5	1.5
< 200		23.1	1.5	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Curva granulométrica arena natural - Matahuasi



Fuente: Elaboración propia

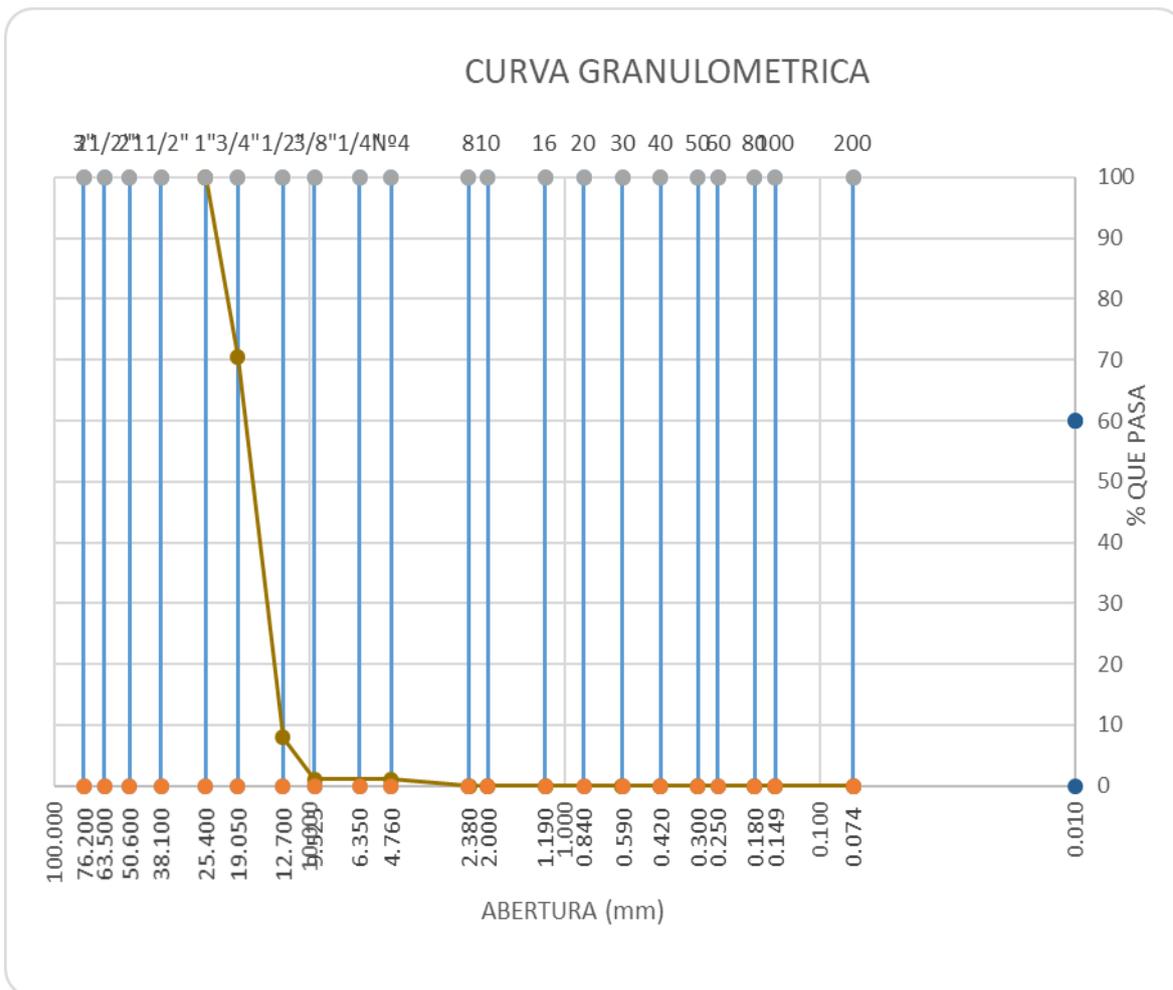
Tabla 32: Granulometría piedra 3/4" - Pilcomayo

PESO	3000	Piedra 3/4"			
Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3" sic	76.2	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2" sic	50.6	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0

1" sic	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	888.0	29.6	29.6	70.4
1/2"	12.7	1875.0	62.5	92.1	7.9
3/8"	9.5	204.0	6.8	98.9	1.1
4	4.8	0.0	0.0	98.9	1.1
8	2.4	33.0	1.1	100.0	0.0
10	2.0	0.0	0.0	100.0	0.0
16	1.2	0.0	0.0	100.0	0.0
30	0.6	0.0	0.0	100.0	0.0
40	0.4	0.0	0.0	100.0	0.0
50	0.3	0.0	0.0	100.0	0.0
80	0.2	0.0	0.0	100.0	0.0
100	0.1	0.0	0.0	100.0	0.0
200	0.1	0.0	0.0	100.0	0.0
< 200		0.0	0.0	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 26: Curva granulométrica piedra ¾" - Pilcomayo**



Fuente: Elaboración propia

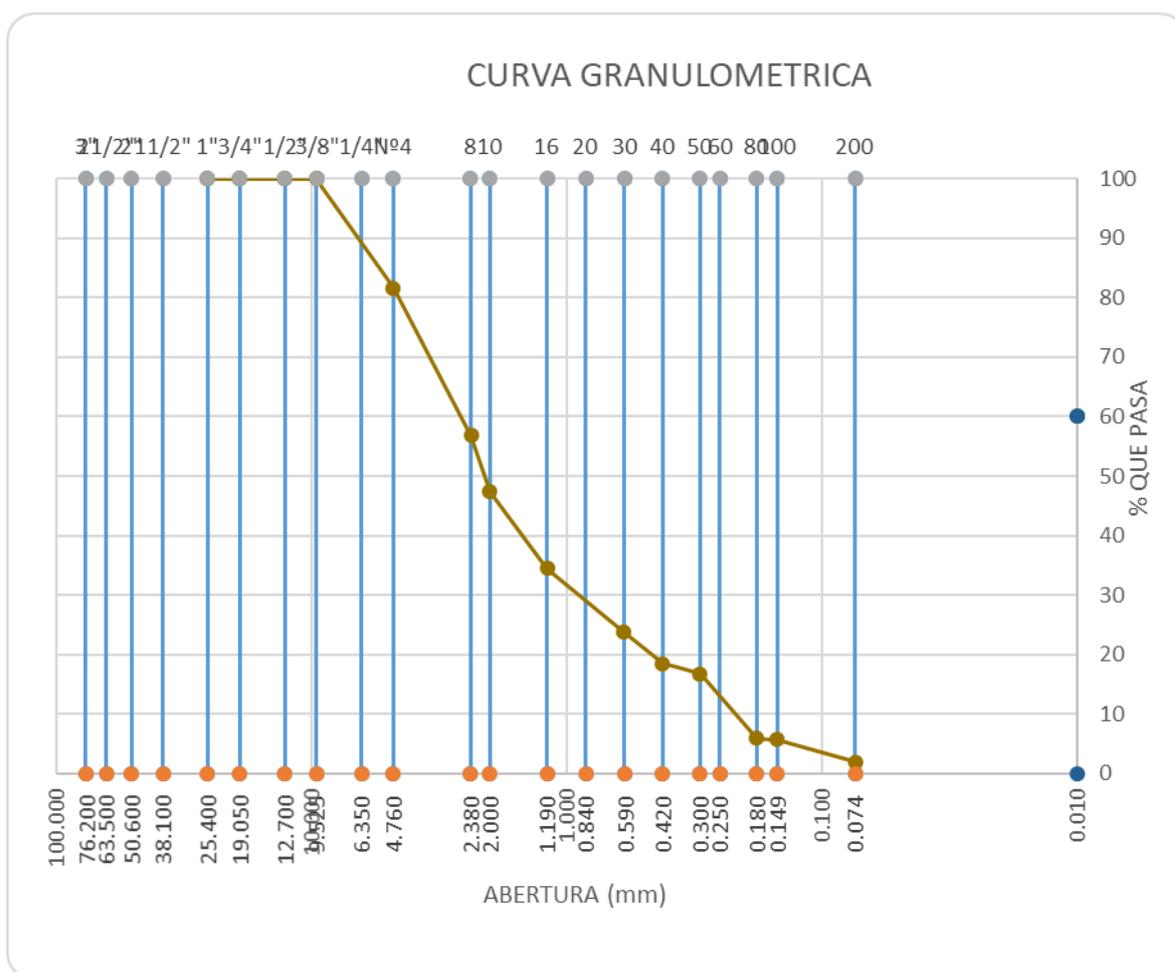
**Tabla 33: Granulometría arena chancada - Pilcomayo**

PESO	1500	Arena Chancada			
Malla		Peso	% Ret	% Ret	% que
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa
3"	76.2	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2" sic	50.6	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0

1" sic	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
4 sic	4.8	275.9	18.4	18.4	81.6
8 sic	2.4	372.0	24.8	43.2	56.8
10 sic	2.0	141.6	9.4	52.6	47.4
16	1.2	193.8	12.9	65.6	34.5
30	0.6	158.3	10.6	76.1	23.9
40	0.4	81.3	5.4	81.5	18.5
50	0.3	25.8	1.7	83.2	16.8
80	0.2	163.1	10.9	94.1	5.9
100	0.1	2.7	0.2	94.3	5.7
200	0.1	56.3	3.8	98.0	2.0
< 200		29.4	2.0	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Curva granulométrica arena chancada - Pilcomayo



Fuente: Elaboración propia

- **MEZCLA TEÓRICA DE AGREGADOS PARA ASFALTO**

La mezcla teórica de los agregados analizados por granulometría comprende los porcentajes de agregado que componen la mezcla asfáltica en caliente. La metodología de Marshall aplica un tipo de MAC según la granulometría a emplear para están dentro de los rangos permitidos según la normativa. Para la investigación y según los resultados obtenidos de cada granulometría se emplea MAC 2 para los agregados de Chupuro y Matahuasi; Por otro lado, según la granulometría obtenida para los agregados pluviales provenientes de Pilcomayo se emplea MAC – 1. A continuación se muestran las cuervas teóricas dentro de estos parámetros de mezcla de agregados.

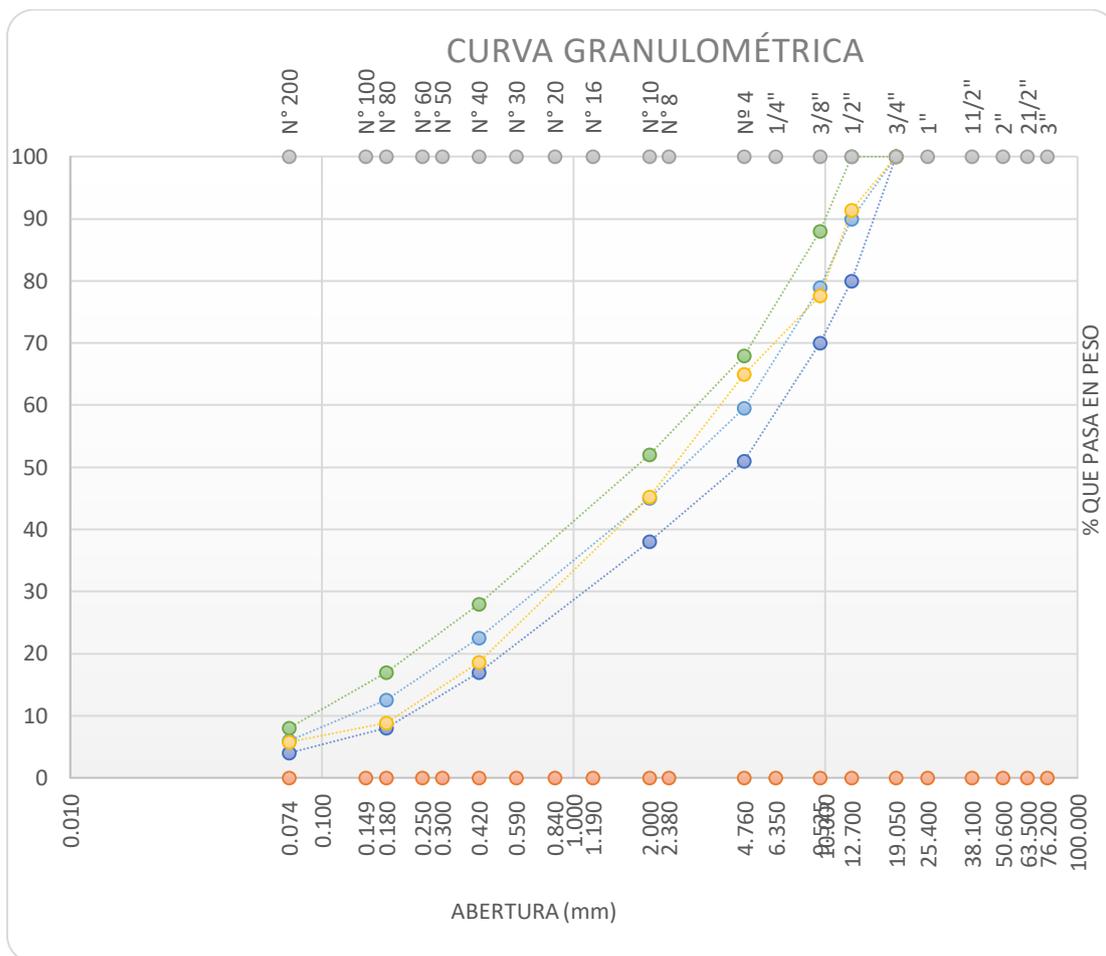
En la tabla 34 se logra observar la combinación encontrada para la mezcla de agregados de la fuente de agregado pluvial de Chupuro donde se presentan los porcentajes de agregados para la elaboración de la briqueta.

**Tabla 34: Combinación de agregados - Chupuro**

Malla		Porcentajes pasantes (%)					
Tamiz	mm.	PIEDRAS			ARENAS		
Agregados		pedra 3/4" CHANCADA	pedra 1/2" CHANCADA	Arena Zarandeada	Arena Chancada	filler	MEZCLA
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	CHANCADA	FINO	100.0%
		0.0%	27.0%	37.0%	32.0%	4.0%	TOTAL
1"	25.400	-ND	-ND	-ND	-ND	100.0	100.0
3/4" H	19.050	0.00	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.700	0.000	70.85	98.1	100.0	100.0	91.4
3/8" H	9.525	0.000	32.45	88.8	100.0	100.0	77.6
Nº 4 H	4.760	0.000	4.09	81.4	92.9	100.0	65.0
Nº 8 H	2.360	0.000	0.64	72.9	56.8	100.0	49.3
Nº 10	2.000	0.000	0.55	70.2	47.4	100.0	45.3
Nº 16	1.180	0.000	0.50	57.4	34.5	100.0	36.4
Nº 30	0.600	0.000	0.46	33.6	23.9	100.0	24.2
Nº 40	0.420	0.000	0.44	23.2	18.5	100.0	18.6
Nº 50	0.300	0.000	0.43	20.5	16.8	100.0	17.1
Nº 80	0.180	0.000	0.36	7.9	5.9	100.0	8.9
Nº 100	0.150	0.000	0.34	7.2	5.7	100.0	8.6
Nº 200	0.074	0.0	0.26	2.9	2.0	100.0	5.8
pasa			0.000	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Curva granulométrica – Chupuro MAC.2



Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Pesos elaboración briqueta – Chupuro

Mat	% Asfalto	4.50
	Malla	
FILLER	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	0.0
	# 10	0.0
	< #10	47.8
	SUB TOTAL	47.8
Arena Chancada	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	27.1
	# 10	174.0
	< #10	181.0

	SUB TOTAL	382.0
Arena zarandeada	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	82.1
	# 10	49.6
	< #10	310.0
	SUB TOTAL	441.7
piedra 1/2" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	94.0
	3/8"	123.8
	# 4	91.4
	# 10	11.1
	< #10	2.1
	SUB TOTAL	322.3
piedra 3/4" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	0.0
	# 10	0.0
	< #10	0.0
	SUB TOTAL	0.0
		1193.8
<b>PEN 85-100</b>		56.3
		0.0
<b>TOTAL, MUESTRA</b>		1250.0

Fuente: Elaboración propia

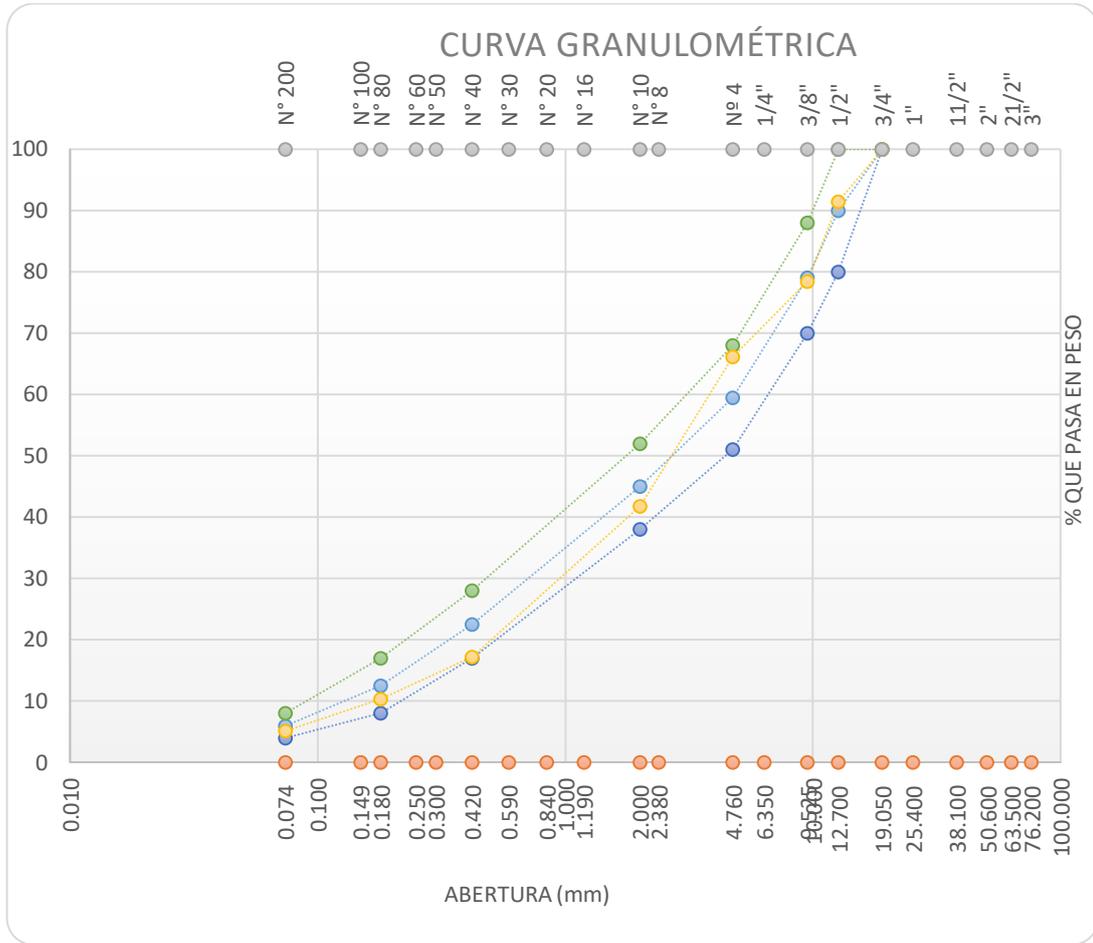
En la tabla 36 se tienen la combinación de agregados de la fuente de agregado pluvial de Matahuasi donde se presentan los porcentajes de agregados para la elaboración de la briqueta.

**Tabla 36: Combinación de agregados - Matahuasi**

Malla		Porcentajes pasantes (%)					
Tamiz	mm.	PIEDRAS		ARENAS			MEZCLA
		pedra 3/4" CRUSHING	pedra 1/2" CRUSHING	Arena zarandeada	Arena Chancada	filler	
Proporciones		3/4"	1/2"	ZARANDEADA	CHANCADA	fino	100.0%
		0.0%	21.0%	38.0%	37.0%	4.0%	
1"	25.400	100.000	100.00	100.0	100.0	100.0	<b>100.0</b>
3/4"	19.050	100.000	100.00	100.0	100.0	100.0	<b>100.0</b>
1/2"	12.700	0.873	64.09	97.2	100.0	100.0	<b>91.4</b>
3/8"	9.525	0.113	23.21	85.5	100.0	100.0	<b>78.4</b>
Nº 4	4.760	0.110	1.70	76.8	88.1	100.0	<b>66.1</b>
Nº 8	2.360	0.110	0.45	68.6	51.8	100.0	<b>49.3</b>
Nº 10	2.000	0.000	0.44	62.9	37.2	100.0	<b>41.7</b>
Nº 16	1.180	0.000	0.43	51.6	30.8	100.0	<b>35.1</b>
Nº 30	0.600	0.000	0.41	29.2	20.7	100.0	<b>22.8</b>
Nº 40	0.420	0.000	0.39	19.3	15.8	100.0	<b>17.2</b>
Nº 50	0.300	0.000	0.37	13.5	11.8	100.0	<b>13.6</b>
Nº 80	0.180	0.000	0.35	8.6	8.1	100.0	<b>10.3</b>
Nº 100	0.150	0.000	0.30	5.0	5.0	100.0	<b>7.8</b>
Nº 200	0.074	0.0	0.22	1.5	1.3	100.0	<b>5.1</b>
pasa			0.000	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Curva granulométrica – Matahuasi MAC.2



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37: Pesos elaboración briqueta – Matahuasi

Mat	% Asfalto	4.50
	Malla	
FILLER	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	0.0
	# 10	0.0
	< #10	47.8
	SUB TOTAL	<b>47.8</b>
Arena Chancada	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	52.6
	# 10	225.0
	< #10	164.1

	SUB TOTAL	<b>441.7</b>
Arena zarandeada	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	105.2
	# 10	63.1
	< #10	285.2
	SUB TOTAL	<b>453.6</b>
piedra 1/2" CRUSHING	3/4"	<b>0.0</b>
	1/2"	<b>90.0</b>
	3/8"	<b>102.5</b>
	# 4	<b>53.9</b>
	# 10	<b>3.1</b>
	< #10	<b>1.1</b>
	SUB TOTAL	<b>250.7</b>
piedra 3/4" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	0.0
	# 10	0.0
	< #10	0.0
	SUB TOTAL	<b>0.0</b>
		1193.8
PEN 85-100		56.3
		0.0
TOTAL, MUESTRA		<b>1250.0</b>

Fuente: Elaboración Propia

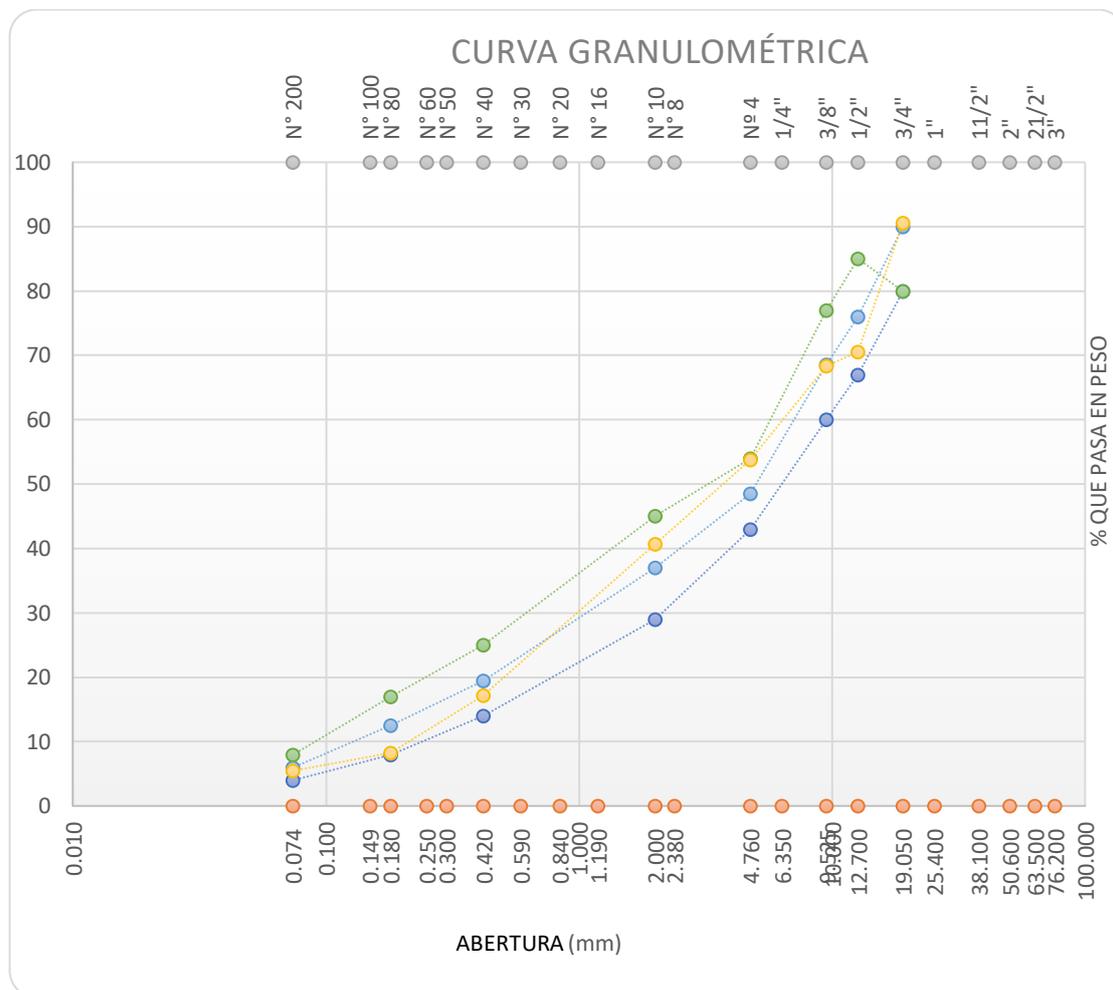
En la tabla 38 se puede observar las combinaciones de agregados en la fuente de agregado pluvial de Pilcomayo donde se presentan los porcentajes de agregados para la elaboración de la briqueta.

**Tabla 38: Combinación de agregados - Pilcomayo**

Malla		Porcentajes pasantes (%)						
Tamiz	mm.	PIEDRAS			ARENAS			MEZCLA
		pedra 3/4" CHANCADA	pedra 1/2" CHANCADA	Arena zarandeada	Arena Chancada	filler		
Proporciones de porcentaje en mezcla		3/4"	1/2"	NATURAL	PROCESADA	FINO	100.0% del total	
		32.0% pss	0.0% pss	28.0% pss	36.0% pss	4.0%		
1"	25.400	100.00	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.050	70.40	100.00	100.0	100.0	100.0	90.5	
1/2"	12.700	7.900	0.00	100.0	100.0	100.0	70.5	
3/8"	9.525	1.100	0.00	100.0	100.0	100.0	68.4	
Nº 4	4.760	1.100	0.00	71.4	81.6	100.0	53.7	
Nº 8	2.360	0.000	0.00	70.1	56.8	100.0	44.1	
Nº 10	2.000	0.000	0.00	70.2	47.4	100.0	40.7	
Nº 16	1.180	0.000	0.00	52.4	34.5	100.0	31.1	
Nº 30	0.600	0.000	0.46	31.6	23.9	100.0	21.5	
Nº 40	0.420	0.000	0.00	23.2	18.5	100.0	17.1	
Nº 50	0.300	0.000	0.00	20.5	16.8	100.0	15.8	
Nº 80	0.180	0.000	0.00	7.8	5.9	100.0	8.3	
Nº 100	0.150	0.000	0.00	7.2	5.7	100.0	8.1	
Nº 200	0.074	0.0	0.00	2.9	2.0	100.0	5.5	
pasa			0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 30: Curva granulométrica – Pilcomayo MAC.1



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Pesos elaboración briqueta – Pilcomayo

Mat	% Asfalto	4.50
	Malla	
FILLER	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	# 4	0.0
	# 10	0.0
	< #10	47.8
	SUB TOTAL	47.8
Arena Chancada	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	N 4	79.0
	N 10	147.1
	< N10	203.6

	SUB TOTAL	<b>429.8</b>
Arena zarandeada	3/4"	0.0
	1/2"	0.0
	3/8"	0.0
	N 4	95.6
	N 10	4.1
	< N 10	234.6
	SUB TOTAL	<b>334.3</b>
piedra 1/2" CRUSHING	3/4"	<b>0.0</b>
	1/2"	<b>0.0</b>
	3/8"	<b>0.0</b>
	N 4	<b>0.0</b>
	N 10	<b>0.0</b>
	< N 10	<b>0.0</b>
	SUB TOTAL	<b>0.0</b>
piedra 3/4" CRUSHING	3/4"	0.0
	1/2"	351.8
	3/8"	26.0
	N 4	0.0
	N 10	4.2
	< N 10	0.0
	SUB TOTAL	<b>382.0</b>
		1193.8
<b>PEN 85-100</b>		56.3
		0.0
<b>TOTAL, MUESTRA</b>		<b>1250.0</b>

Fuente: Elaboración Propia

- **RESUMEN DE UCL**

En la tabla 40 se puede apreciar que la tendencia se mantiene con respecto al porcentaje de pérdida al cántabro, es decir que Pilcomayo presenta un mejor comportamiento con el porcentaje más bajo en comparación a las demás muestras. También se tiene que Matahuasi presentó el mayor porcentaje de pérdida de masa al cántabro con un 16.74%.

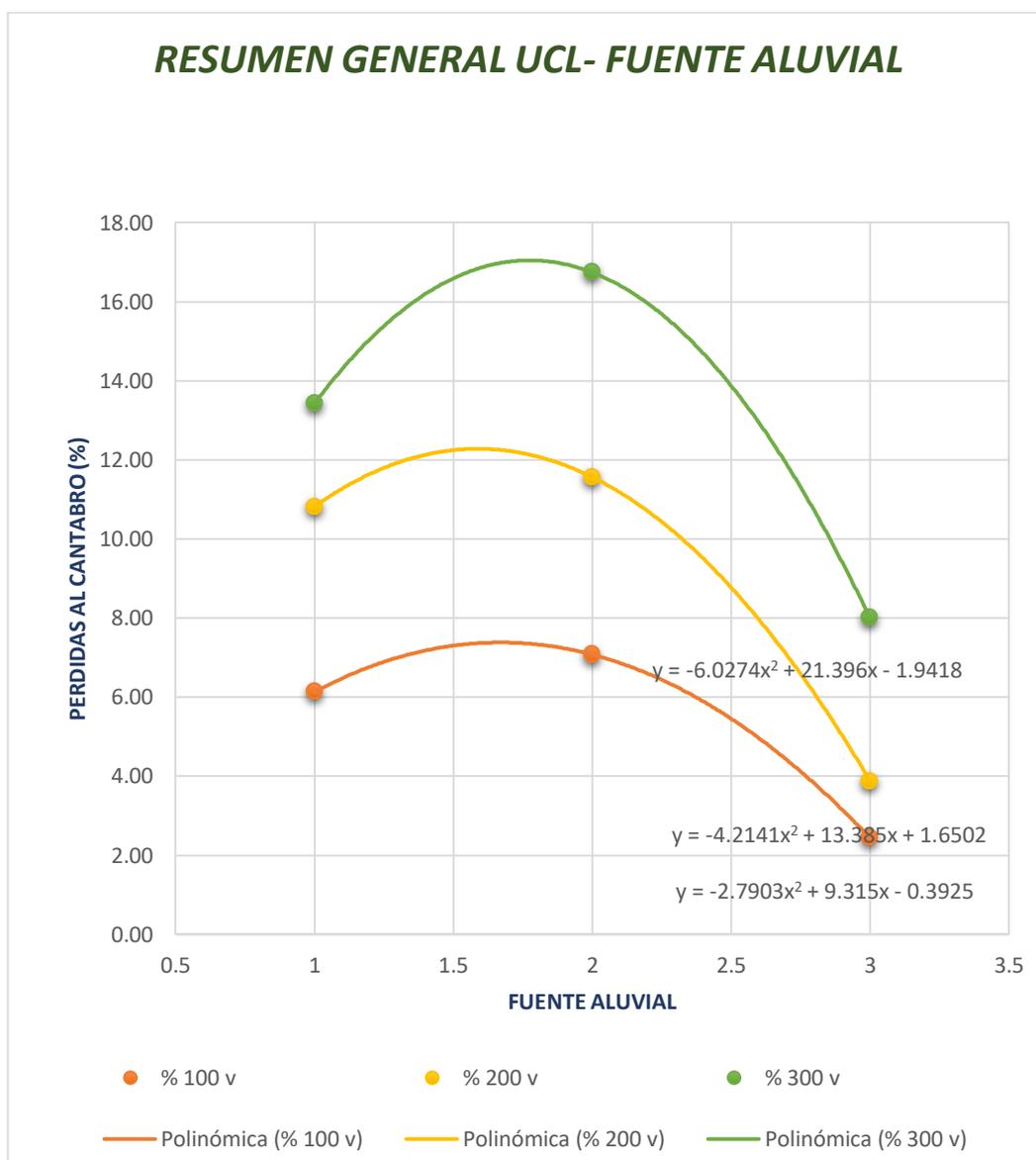
**Tabla 40: Pesos por pérdida al cántabro - UCL**

<b>(Kg)</b>	<b>CHUPURO</b>	<b>MATAHUASI</b>	<b>PILCOMAYO</b>
Peso Inicial	1247.5	1236.5	1250
Peso 100 v	1171	1149	1219.5
Peso 200 v	1112.5	1093.5	1201.5
Peso 300 v	1080	1029.5	1150
<b>(%)</b>	<b>CHUPURO</b>	<b>MATAHUASI</b>	<b>PILCOMAYO</b>
% 100 v	6.13	7.08	2.44
% 200 v	10.82	11.56	3.88
% 300 v	13.43	16.74	8.00

**Fuente: Elaboración Propia**

En la figura 31 se tiene los porcentajes de pérdida al cántabro cada 100 revoluciones en el tambor de abrasión Los ángeles. Esta tendencia a la pérdida de masa corrobora el comportamiento de la adherencia que existe entre los agregados de las diferentes fuentes aluviales y el ligante asfáltico. Teniendo de esta manera que el agregado de Pilcomayo presenta el mejor comportamiento y el agregado de Matahuasi el peor comportamiento.

Figura 31: Resumen general UCL – Fuente aluvial



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.4. OE 4 – FUENTE DE MEJORES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Según los ensayos de adherencia en bandeja y método universal de caracterización de ligantes se obtuvo que el agregado de Pilcomayo presenta un mejor comportamiento. Teniendo de esta manera una gravedad específica y absorción de material fino y grueso:

**Tabla 41: Peso específico y absorción Pilcomayo**

FINO		GRUESO	
FUENTE	PILCOMAYO	FUENTE	PILCOMAYO
Wo	495.40	Wo	2978.0
V	665.00	V	3011.0
Va	416.00	Va	1888.0
Pem	1.99	Pem	2.65
PeSSS	2.01	PeSSS	2.68
Pea	2.03	Pea	2.73
Absorción	0.93	Absorción	1.11

**Fuente: Elaboración propia**

El agregado de Pilcomayo presenta índice más alto en comparación de número de caras fracturadas, lo cual representa un mejor comportamiento estructural en su mezcla con el ligante asfáltico.

**Tabla 42: Caras Fracturadas Pilcomayo**

FUENTE	PILCOMAYO
RETENIDO	1/2"
RETENIDO (gr)	500.00
REDONDEADAS	38.00
1 CARA	183.00
2 CARAS	279.00
%1 CARA	82.81
>%2 CARAS	88.01

**Fuente: Elaboración Propia**

El agregado de Pilcomayo presenta los menos porcentajes en cotejo de partículas alargadas y chatas, lo cual es muy conveniente para sus propiedades físicas ya que al tener más porcentaje de chatas y alargadas dentro de la composición del agregado perjudica el comportamiento de mezcla bituminosa.

**Tabla 43: Partículas chatas y alargadas Pilcomayo**

	<b>ALARGADAS</b>	<b>CHATAS</b>
FUENTE	PILCOMAYO	PILCOMAYO
0	0.10%	5.47%
10 a 6.3	3.10%	26.90%
14 a 10	2.35%	66.83%
20 a 14	54.60%	0.80%
28 a 20	23.70%	0.00%
37.5 a 28	16.15%	0.00%

Fuente: Elaboración Propia

- **RESUMEN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis de la correlación se realiza bajo los parámetros estadísticos para toma de muestra no paramétricas de corte transversal, para hallar los valores estadísticos de los resultados se empleó el programa IBM SPSS Statics Editor.

- a. **PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA RESULTADOS**

Las pruebas de normalidad en los resultados se analizan para todos los datos obtenidos de acuerdo a la fuente de agregado aluvial, analizado por Shapiro – Wilk ya que se cuenta con cantidad de muestras estudiadas menores a 50. A continuación se presentan las pruebas de normalidad para cada ensayo realizado:

**Tabla 44: Prueba de normalidad – Absorción de gruesos**

**Pruebas de normalidad**

Fuente de Agregado Aluvial		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de absorción - Gruesos	Chupuro	,292	3	.	,923	3	,463
	Matahuasi	,253	3	.	,964	3	,637
	Pilcomayo	,175	3	.	1,000	3	1,000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 45: Prueba de normalidad – Absorción de finos**

**Pruebas de normalidad**

Fuente de Agregado Aluvial		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de absorción - Finos	Chupuro	,175	3	.	1,000	3	1,000
	Matahuasi	,219	3	.	,987	3	,780
	Pilcomayo	,219	3	.	,987	3	,780

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 46: Prueba de normalidad – Porcentaje de adherencia**

**Pruebas de normalidad**

Fuente de Agregado Aluvial		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de adherencia	Chupuro	,253	3	.	,964	3	,637
	Matahuasi	,253	3	.	,964	3	,637
	Pilcomayo	,253	3	.	,964	3	,637

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47: Prueba de normalidad – UCL**

**Pruebas de normalidad**

Fuente de Agregado Aluvial		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de pérdida en masa al cantábros	Chupuro	,253	3	.	,964	3	,637
	Matahuasi	,253	3	.	,964	3	,637
	Pilcomayo	,175	3	.	1,000	3	1,000

Fuente: Elaboración propia

Para correlacionar los datos obtenidos es necesario conocer los coeficientes de correlación a través del valor de significancia de cada una de las pruebas realizadas.

En la tabla 44 se tiene la prueba de normalidad para Absorción de gruesos, donde existe un valor de 0.463 menor a 0.5, por lo cual se analiza por Spearman.

En la tabla 45 se tiene la prueba de normalidad para Absorción de finos, donde todos los valores de significancia son mayores a 0.5, por lo cual se analiza por Pearson.

En la tabla 46 se tiene la prueba de normalidad para porcentaje de adherencia por cada fuente aluvial, donde todos los valores de significancia son mayores a 0.5, por lo cual se analiza por Pearson.

En la tabla 47 se tiene la prueba de normalidad para porcentaje de pérdida de masa al cántabro por cada fuente aluvial, donde todos los valores de significancia son mayores a 0.5, por lo cual se analiza por Pearson.

Una vez obtenidos los coeficientes de correlación por cada ensayo, se procede a plantear las hipótesis según el análisis de correlación lo requiera para la rho, como los coeficientes de correlación a analizar se trabaja por Spearman cuando las variables en estudio presenten como mínimo un valor por debajo del 0.5, por lo cual se trabajará por Spearman cuando se analicen datos que presenten coeficientes por Spearman y Pearson; así mismo se trabajara la correlación por Pearson cuando ambos datos analizados presenten coeficientes por Pearson.

El valor de rho se puede ubicar según su intensidad a través de rangos establecidos por el tipo de correlación que se presente:

**Tabla 48: Tabla por tipo de correlación de variables**

RANGOS	TIPO DE CORRELACIÓN
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.70	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.90 a +1.00	Correlación positiva perfecta

**Fuente: Elaboración propia**

Primero se buscará el tipo correlación entre absorción de gruesos y porcentaje de adherencia, analizado por Spearman:

Ho:  $\rho = 0$  (No existe correlación entre el porcentaje de adherencia MTC E 520 y el porcentaje de absorción de gruesos)

Hi:  $\rho \neq 0$  (Existe correlación entre el porcentaje de adherencia MTC E 520 y el porcentaje de absorción de gruesos)

**Tabla 49: Correlación bivariada por Absorción gruesos - Adherencia**

			Porcentaje de absorción - Gruesos	Porcentaje de adherencia
Rho de Spearman	Porcentaje de absorción - Gruesos	Coefficiente de correlación	1,000	-,900**
		Sig. (bilateral)	.	,001
		N	9	9
	Porcentaje de adherencia	Coefficiente de correlación	-,900**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	.
		N	9	9

**Fuente: Elaboración propia**

El coeficiente de correlación obtenido en la tabla 49 rechaza la hipótesis nula debido a que  $\rho \neq 0$ . El valor obtenido para rho es de -0.90 lo cual indica que presenta el tipo de correlación negativa muy fuerte. Por lo cual podemos afirmar que mientras menor sea el porcentaje de Absorción del agregado grueso, mayor será la adherencia ente el árido y el ligante asfáltico.

A continuación, se buscará el tipo correlación entre Absorción de gruesos y Porcentaje de pérdida de masa al cántabro, analizado por Spearman:

Ho:  $\rho = 0$  (No existe correlación entre el porcentaje de pérdida de masa al cántabro MTC E 515 y el porcentaje de absorción de gruesos)

Hi:  $\rho \neq 0$  (Existe correlación entre el porcentaje de pérdida de masa al cántabro MTC E 515 y el porcentaje de absorción de gruesos)

**Tabla 50: Correlación bivariada por Absorción gruesos - UCL**

			Porcentaje de absorción - Gruesos	Porcentaje de perdida en masa al cantábros
Rho de Spearman	Porcentaje de absorción - Gruesos	Coefficiente de correlación	1,000	,917**
		Sig. (bilateral)	.	,001
		N	9	9
	Porcentaje de perdida en masa al cantábros	Coefficiente de correlación	,917**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	.
		N	9	9

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

**Fuente: Elaboración propia**

El coeficiente de correlación obtenido en la tabla 50 rechaza la hipótesis nula debido a que  $\rho \neq 0$ . El valor obtenido para  $\rho$  es de 0.917 lo cual indica que presenta el tipo de correlación positiva perfecta. Por lo cual podemos afirmar que mientras mayor sea el porcentaje de Absorción del agregado grueso, mayor será la pérdida de masa al cántabro.

A continuación, se buscará el tipo correlación entre Absorción de finos y Porcentaje de pérdida de masa al cántabro, analizado por Pearson:

Ho:  $\rho = 0$  (No existe correlación entre el porcentaje de pérdida de masa al cántabro y el porcentaje de absorción de finos)

Hi:  $\rho \neq 0$  (Existe correlación entre el porcentaje de pérdida de masa al cántabro y el porcentaje de absorción de finos)

**Tabla 51: Correlación bivariada por Absorción finos - UCL**

		Porcentaje de absorción - Finos	Porcentaje de pérdida en masa al cántabro
Porcentaje de absorción - Finos	Correlación de Pearson	1	,776*
	Sig. (bilateral)		,014
	N	9	9
Porcentaje de pérdida en masa al cántabro	Correlación de Pearson	,776*	1
	Sig. (bilateral)	,014	
	N	9	9

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

**Fuente: Elaboración propia**

El coeficiente de correlación obtenido en la tabla 51 rechaza la hipótesis nula debido a que  $\rho \neq 0$ . El valor obtenido para  $\rho$  es de 0.917 lo cual indica que presenta el tipo de correlación positiva muy fuerte. Por lo cual podemos afirmar que mientras mayor sea el porcentaje de Absorción del agregado fino, mayor será la pérdida de masa al cántabro.

## CONCLUSIONES

1. Se puede afirmar que, según la caracterización de los agregados aluviales, el porcentaje de absorción en el agregado fino no influye en la adherencia de las mezclas asfáltica en caliente debido a que los porcentajes de absorción entre 0.93% y 1.19% tiene un comportamiento similar y atípico. El porcentaje de absorción, en material grueso, mayor encontrado fue el del agregado de Matahuasi con un 1.47% y el porcentaje menor de Absorción es el del agregado proveniente de Pilcomayo teniendo un impacto notable en el comportamiento físico de la mezcla asfáltica en caliente. El mayor índice de caras fracturadas encontradas, se encontraron en el agregado de Pilcomayo con un 88.01% de dos a más caras fracturadas. En los ensayos de chatas y alargadas se encontró que el agregado proveniente de Matahuasi presenta un mayor porcentaje de partículas alargadas en su composición con un 28.6%, y el agregado proveniente de Chupuro presenta el mayor índice de partículas chatas en su composición con un 64.9%.
2. Se puede afirmar que la fuente de agregado pluvial que presenta el mayor porcentaje de adherencia, es el procedente de la planta chancadora de agregados en Pilcomayo con un 45% de adherencia y el agregado con el más bajo porcentaje de adherencia es el proveniente de la planta chancadora de agregados de Matahuasi con tan solo un 7% de adherencia según el ensayo de adherencia en bandeja del MTC E 520.
3. Según el método universal de caracterización de ligantes por pérdida al desgaste MTC E 515, se tiene que la muestra elaborada con agregado de Pilcomayo exhibe un menor porcentaje de pérdida al cántabro con una pérdida de 8%, lo que significa que presenta una mejora adherencia entre el árido y el ligante asfáltico. Además, la muestra elaborada con agregado proveniente de Matahuasi presenta una mayor pérdida al cántabro con un porcentaje de 16.74%, lo que representa un mal comportamiento de la adherencia entre este agregado y el ligante asfáltico.
4. Finalmente se puede afirmar que existe un correlación entre la absorción del agregado grueso y la adherencia de la mezcla asfáltica en caliente, de tipo inversamente proporcional, esto quiere decir que a menos porcentaje de absorción en el agregado grueso, mayor será el porcentaje de adherencia de la mezcla asfáltica en caliente, este fenómeno se justifica mediante la observación del comportamiento de los agregados ante el surgido en agua que satura al agregado haciendo que pierda cualidades adhesiva entre estos; también se tiene que al tener mayores espacios en la composición del agregado grueso , mayor será el desgaste que esté presente ante

cargas o impacto, comprobado con el ensayo de pérdida al cántabro. Dando como agregado que presenta mejores propiedades el proveniente de la planta chancadora de Pilcomayo, un porcentaje de adherencia de 45% y una pérdida de masa al desgaste por cántabro de 8%. El agregado grueso de Pilcomayo presenta una absorción de 1.11% y un índice de caras fracturas de 88.01% (>2 Caras).

## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar el estudio de adherencia en bandeja según lo especificado en la normativa para determinar el comportamiento físico de la mezcla asfáltica en caliente, ya que esto puede prevenir la aparición de fallas tempranas en la superficie de la carpeta asfáltica producto de los efectos erosivos del clima, al tomar una acción preventiva si es que el porcentaje se encuentra por debajo de lo recomendable.
2. Se recomienda emplear el agregado de Pilcomayo para mejorar las propiedades de adherencia de la mezcla asfáltica ya que en comparación presenta una mejor adherencia que los otros agregados locales, el emplear este agregado en conjunto con un buen diseño de mezcla podría garantizar un comportamiento estable de una carpeta asfáltica. Una alternativa que mejora la adherencia de la mezcla bituminosa sin la necesidad de emplear un mejorador Antistripping.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bautista Sánchez, Mónica Andrea. 2012.** Características del asfalto en el comportamiento de Mezclas Asfálticas MDC-2 del INVIAS. Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, 2012.
- Bernal Torres, César Augusto. 2010.** Metodología de la investigación, administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Colombia : s.n., 2010.
- Caicedo, Sara Catherine Plaza Torralvo / Ginna Tatiana Rincón. 2014.** Estudio de la susceptibilidad al deterioro por humedad de una mezcla asfáltica para rodadura empleando asfalto 80-100 y su relación con el desempeño de campo. Bogotá : Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, 2014.
- Crespin Molina, Rafael Alexander, Santa Cruz Jovel, Ismael Ernesto y Torres Linares, Pablo Alberto. 2012.** Aplicación del método superpave y granulometría superpave en el diseño de mezcla asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño. Salvador : Universidad de El Salvador, 2012.
- De la Cruz Bazán, Paulino y Porras Zavala, Mario José. 2015.** Evaluación del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología Marshall con el ensayo normado de la Rueda Cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera de Imperial - Pampas. Lima, Perú : s.n., 2015.
- Estrada Escalante, Victor Rafael. 2017.** Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional pen 85-100 plus y mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS PG 70-28. Cusco : Universidad Andina de Cusco, 2017.
- Figuroa Infante, Ana Sofía. 2016.** Análisis de la susceptibilidad al daño por la humedad de una mezcla asfáltica a partir del ensayo MIST . Bogotá : Unisalle, 2016.
- Garnica Anguas, Paul, Deldao Alamilla, Horacio y Sandoval Sandoval, Carlos Daniel. 2005.** Análisis comparativo de los métodos . Sanfandila : Laboratorios acreditados EMA, 2005.
- González Castellanos, Roberto. 2003.** Metodología de la investigación científica para las ciencias técnicas. Cuba : Universidad de Mantanzas, 2003.
- Guizado Barrios, Agneth Xiomy y Curi Grados, Elvis Ricardo. 2017.** Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú. Lima, Perú : s.n., 2017.
- Guizado Barrios, Agneth Xiomy y Curi Grados, Ricardo Piero. 2015.** Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la Costa Noroeste del Perú. Lima : PUCP, 2015.
- Hernández Martínez, Óscar. 2014.** Comportamiento de las mezclas asfálticas a diferentes niveles de compactación. México D.F : s.n., 2014.
- Hernández Sampieri, Roberto. 2014.** Metodología de la investigación. México : McGraw Hill, 2014.
- Jimenez Panequé, Rosa. 2002.** Metodología de la investigación. Habana : Ciencia Médicas, 2002.
- Llano Muñoz, José Luis. 2015.** Efecto de los agregados en el envejecimiento de la mezcla asfáltica. Bogotá : Universidad Javeriana, 2015.
- Lugo Gaial, Juan Diego. 2016.** Estudios para suelos aluviales. Madrid : Madridmasd, 2016.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013.** Especificaciones técnicas generales para la construcción - manual de carreteras EG-2013. Lima : s.n., 2013.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.** Manual de ensayo de materiales. Lima : MTC, 2016.
- Miro Reaes, Jorge. 2014.** Metodología para la Caracterización de ligantes asfálticos mediante el empleo del ensayo Cantabro. Bogotá : s.n., 2014.
- Miro Recasens, Jorge Rodrigo. 1994.** Metodología para la caracterización de ligantes asfálticos mediante el empleo del ensayo Cantabro. Barcelona, España : s.n., 1994.
- Muller, Wayne Bernard. 2016.** Caracterización de la humedad dentro de los pavimentos granulares no unidos utilizando un radar de penetración de tierra con desplazamiento múltiple. Australia : The University Of Queensland, 2016.
- Ñaupas Paitán, Humberto, y otros. 2014.** Metodología de la investigación. Bogotá : s.n., 2014.
- Ontiveros Rojas, Leticia. 2013.** Evaluación de la adherencia entre capas de pavimento empleando diferentes emulsiones asfálticas. México : s.n., 2013.
- Oseda Gago, Dullo. 2011.** Aprender y enseñar investigación científica. Huancavelica : Juan Jose Ore, 2011.
- Pérez Jimenez, Felix y Miro Recasens, Rodrigo. 2005.** Nuevos Ensayos para la caracterización de ligantes y mezclas asfálticas. Cataluña : EspañaUCL, 2005.
- Ramírez González, Alberto. 2003.** Metodología de la investigación enfocado a ingeniería civil. Bogotá : Javeriana, 2003.
- Ramón Ruíz, Raul. 2007.** El Método Científico y sus etapas. México : Esfinge, 2007.
- Rondón Quintana, Hugo Alexander. 2015.** Pavimento materiales, construcción y diseño. Bogotá : ECOE Ediciones, 2015.
- Ruiz Ramírez, Cristian Camilo y Urrego Aguilera, Edward Camilo. 2016.** Determinación de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de Peña y Río. Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2016.
- Salour, Farhad. 2015.** Influencia de la humedad en el comportamiento estructural de los pavimentos. Stockholm : Royal Institute of Technology, 2015.
- Tamayo y Tamayo, Mario. 2003.** El proceso de la investigación científica. México : s.n., 2003.
- Taype Matamoros, Edgar Abel. 2016.** Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi. Huancayo, Perú : s.n., 2016.
- . 2016. Diseño de Explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi. Huancayo : UNCP, 2016.
- Universidad Nacional de Ingeniería. 2006.** Diseño moderno de pavimentos asfálticos. Lima : Instituto de Construcción y Gerencia, 2006.
- Universidad Politécnica de Madrid. 2007.** Diseño de explotación de canteras. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2007.
- Urrego Aguilera, Edward Camilo y Ruíz Ramírez, Camilo Cristian. 2016.** Determinación de la cohesión en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de Peña y Río. Bogotá : s.n., 2016.
- Valderrama Mendoza, Santiago. 2015.** Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima : San Marcos E.I.R.L., 2015.
- . 2015. Pasos para elaborar una investigación científica. Lima : San Marcos, 2015.

**Valeriano Turbo, Wilbert y Catacora Mendoza, Adhemir. 2014.** Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2014.

**Vargas Cordero, Zoila Rosa. 2009.** La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Costa Rica : s.n., 2009.

## **ANEXOS**



## ANEXO 2. PANEL FOTOGRÁFICO

### Obtención material de Chupuro (planta chancadora)



### Obtención material de Matahuasi (planta chancadora)



### Obtención material de Pilcomayo (planta chancadora)



### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

#### Tamizado de muestras por malla N°4 - Pilcomayo



**Tamizado de muestras por malla N°4 - Chupuro**



**Tamizado de muestras por malla N°4 – Matahuasi**

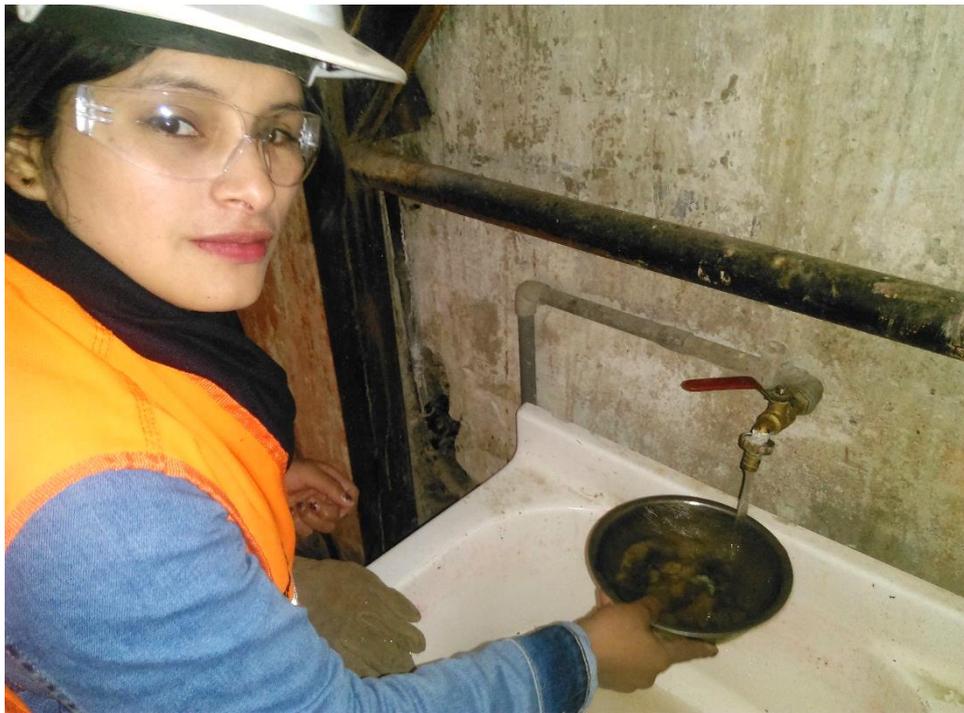


Se pesa la muestra a estudiar en la balanza de cada agregado





**Se lavan las muestras**



Se saturan las muestras en agua por 24 horas





Para finos se vierte el peso en la probeta



Pasadas 24 horas de saturada se toma el peso en agua



Se retira la muestra de agua y se seca superficialmente



Se toma el peso superficialmente seco





Se lleva las muestras al horno a secar por 24h a 100 °C

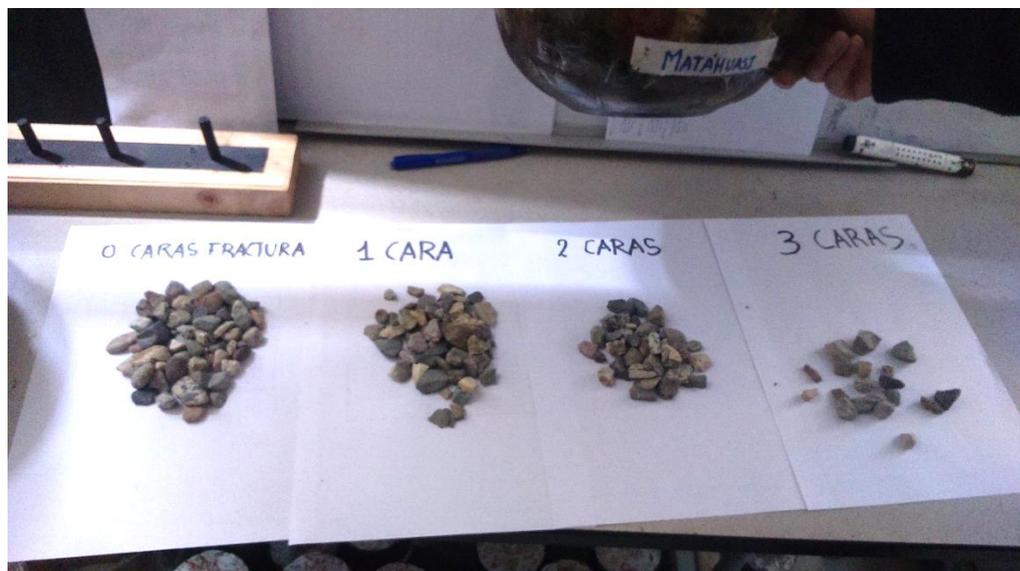


## CARAS FRACTURADAS

Se pesan las muestras a analizar



Obtención material de Pilcomayo



**Se pesan los retenidos por cada cara fracturada**



**Se clasifica el agregado por el calibrador**





Se clasifica por cada retenido y se pesan



El proceso se repite para alargadas



#### ADHERENCIA EN BANDEJA

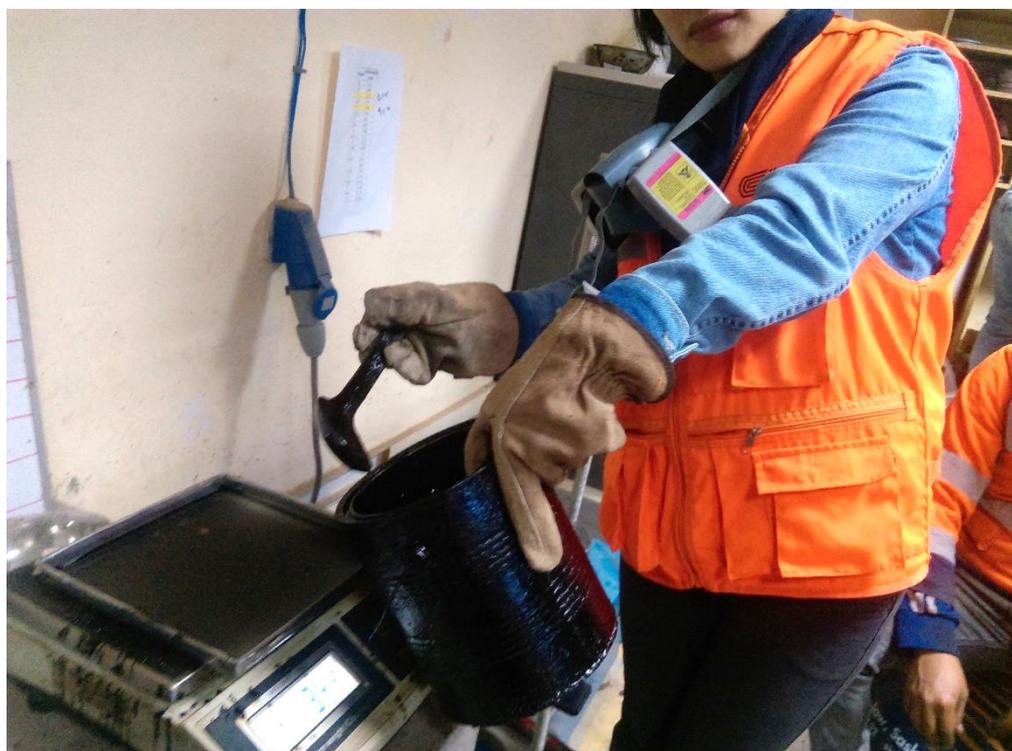
Se separa el material entre la malla  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{3}{8}$ ".



**Se obtienen 50 partículas de agregado**



**El asfalto caliente se vierte (35g) en las bandejas normadas**



**Se coloca 1 por 1 cada partícula**



**Se lleva al horno a 60°C por 24 horas cada bandeja**



Pasadas las 24 horas se lleva a baño maría a 50 °C



Día 1 de sumergido en baño maría a 50 °C



**Día 2 de sumergido en baño maría a 50 °C**



**Día 3 de sumergido en baño maría a 50 °C**



**Día 4 de sumergido en baño maría a 50 °C**



**Cumplidos los 4 días se analiza visualmente cara partícula**



**Se separa por cada porcentaje de adherencia**



### **DESGASTE AL CÁNTABRO**

**Obtención de briquetas con distintos agregados**



**Se toma un peso inicial de la muestra**



**Se coloca en el tambo de los ángeles la briqueta (sin bolas)**



**Cada 100 revoluciones se controla la masa**



**Se pesa la perdida por desgaste**



**Finalmente se toma los pesos hasta las 300 revoluciones**



**Muestras ya ensayadas**



Resultados especificados

9
AGOSTO
10  
 Viernes / Friday August Sábado / Saturday

Recordar: \_\_\_\_\_ Recordar: \_\_\_\_\_

08 4.5 % Asfalto 50 golpes

09 P ⇒ Pileamayo  $w = 1250.5$   
 Medidas: 102.5, 102.5  
 P 71, 69.5, 71

10 M ⇒ Matahuasi  $w = 1238.5$   
 Medida 102.5, 102  
 70, 70, 69

12 C ⇒ Chopuro  $w = 1247.5$   
 102.5, 102.5  
 66, 65, 68

$w = 1171.0$   
 $w = 1172.5$   
 $w = 1029.0$   
 $w = 1029.5$   
 $w = 1171.0$   
 $w = 1112.5$   
 $w = 1080.0$

09 100 = 1219.5  
 200 = 1201.5  
 300 = 1150.0  
 100 ⇒ 1149.0  
 200 ⇒ 1093.5  
 300 ⇒ 1029.5  
 100 = 1171.0  
 200 = 1112.5  
 300 = 1080.0

**ANEXO 3: CERTIFICADOS DE ENSAYOS REALIZADOS PORCENTAJE**



**ICCSAH S.A.C.**

INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNÍN  
**CLIENTE:** Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella  
**CANTERA:** Matahuasi  
**MUESTRA:** 1 - 00019

**CONTENIDO CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS (MTC E 223)**

		CHATAS					
		MUESTRA 1- MATAHUASI					
		Abertura	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
<b>MUESTRA(g)</b>	<b>1000</b>	Peso	653	301	46	0	0
		Porcentaje	65%	30%	5%	0%	0%

		ALARGADAS					
		MUESTRA 1- MATAHUASI					
		Abertura	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	
<b>MUESTRA(g)</b>	<b>1000</b>	Peso	47	286	187	428	52
		Porcentaje	5%	29%	19%	43%	5%



# ICCSAH S.A.C.

INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
**PROVINCIA** : HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNÍN  
**CLIENTE** : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

**CANTERA** : Chupuro  
**MUESTRA** : 1 - 0019

### CONTENIDO CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS (MTC E 223)

		CHATAS					
		MUESTRA 2-CHUPURO					
		Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
MUESTRA(g)	1000	Peso	187	649	164	0	0
		Porcentaje	19%	65%	16%	0%	0%

		ALARGADAS					
		MUESTRA 1- CHUPURO					
		Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
MUESTRA(g)	1000	Peso	27	160	121	619	73
		Porcentaje	3%	16%	12%	62%	7%



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella :  
 CANTERA : Pilcomayo  
 MUESTRA : 1 -0002-19

**CONTENIDO CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS  
 (MTC E 223)**

		CHATAS					
		MUESTRA 3- PILCOMAYO					
		Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20
MUESTRA(g)	3000	Peso	164	807	2005	24	0
		Porcentaje	5%	27%	67%	1%	0%

		ALARGADAS						
		MUESTRA 1- PILCOMAYO						
		Abertura	0	10 a 6.3	14 a 10	20 a 14	28 a 20	37.5 a 28
MUESTRA(g)	2000	Peso	2	62	47	1092	474	323
		Porcentaje	0%	3%	2%	55%	24%	16%



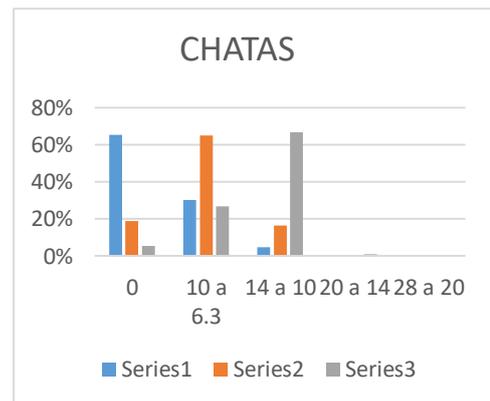
INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

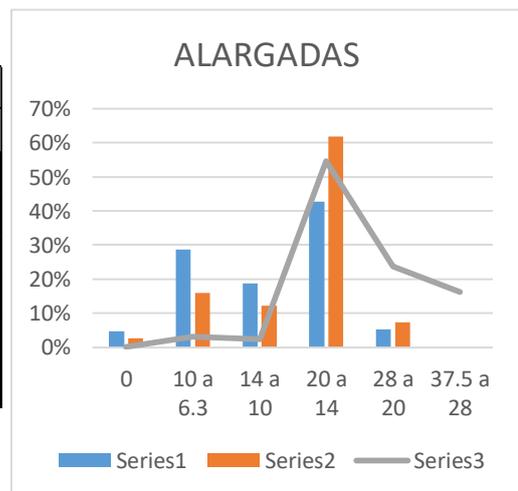
**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNÍN  
**CLIENTE:** Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

**ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS  
(MTC E 210)**

	MATAHUASI	CHUPURO	PILCOMAYO
	<b>CHATAS</b>		
<b>0</b>	65%	19%	5%
<b>10 a 6.3</b>	30%	65%	27%
<b>14 a 10</b>	5%	16%	67%
<b>20 a 14</b>	0%	0%	1%
<b>28 a 20</b>	0%	0%	0%



	MATAHUASI	CHUPURO	PILCOMAYO
	<b>ALARGADAS</b>		
<b>0</b>	5%	3%	0%
<b>10 a 6.3</b>	29%	16%	3%
<b>14 a 10</b>	19%	12%	2%
<b>20 a 14</b>	43%	62%	55%
<b>28 a 20</b>	5%	7%	24%
<b>37.5 a 28</b>	-	-	16%

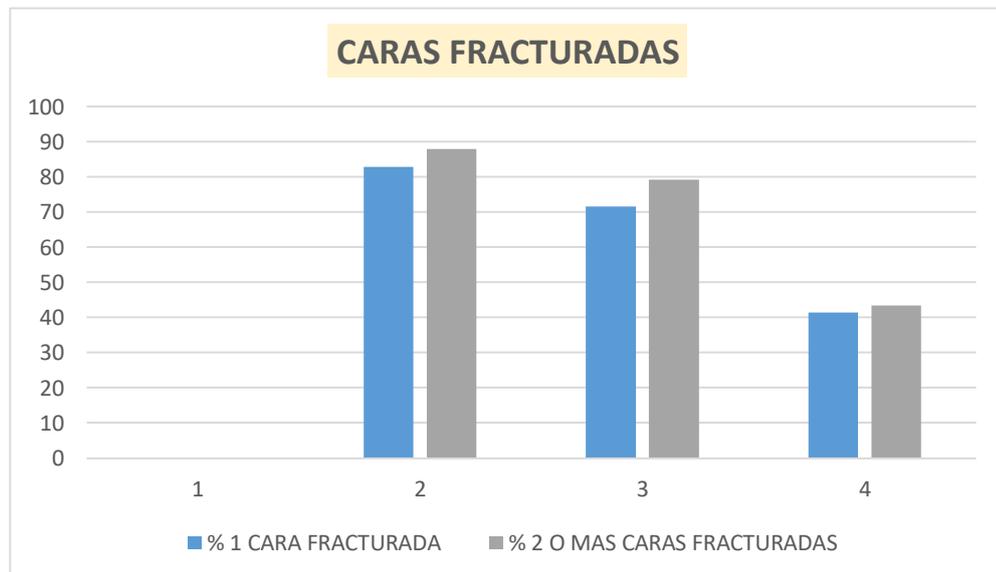


**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

TEMA: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN  
 CLIENTE: Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

**ENSAYO DE CARAS FRACTURADAS  
 (MTC E 210)**

RETENIDO	PILCOMAYO	CHUPURO	MATAHUASI
	1/2"		
% 1 CARA FRACTURADA	82.80	71.66	41.44
% 2 O MAS CARAS FRACTURADAS	88.01	79.26	43.41





INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

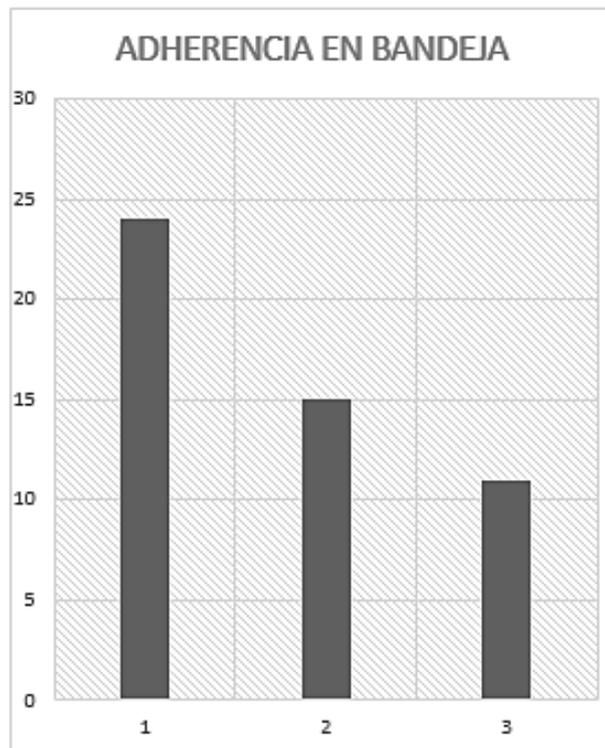
### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella  
 DÍAS : 4 días  
 CANTERA : Chupuro  
 MUESTRA : M - 1

DEPARTAMENTO: JUNÍN  
 FECHA : 29-08-19

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	X	1	X
21	X	X	1
22	X	X	1



23	X	1	X
24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	X	X	1
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	X	1	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	X	X	1
45	X	X	1
46	X	1	X
47	X	1	X
48	X	1	X
49	X	1	X
50	1	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>11</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	24	15	11
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	15	22

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>37%</b>
---------------------	------------

Observaciones:

Existe desmoronamiento de  
partículas

---



---



---



---

### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

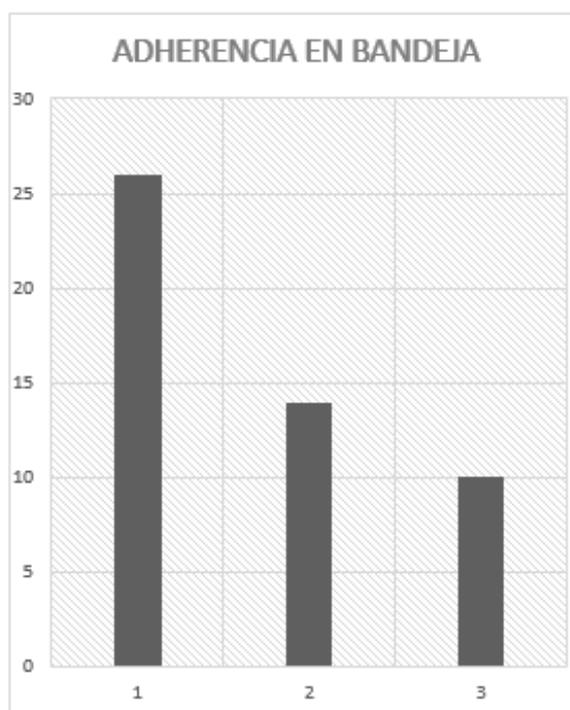
TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

DEPARTAMENTO : JUNÍN  
 FECHA : 29-08-19

DÍAS : 4 Días  
 CANTERA : Chupuro  
 MUESTRA : M - 1

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	X	1	X
21	X	X	1
22	X	X	1
23	X	1	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	X	X	1
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	X	1	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	X	X	1
45	1	X	X
46	X	1	X
47	X	1	X
48	1	X	X
49	X	1	X
50	1	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>10</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	26	14	10
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	14	20

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>34%</b>
---------------------	------------

**Observaciones:**

Existe desmoronamiento de partículas

---



---



---



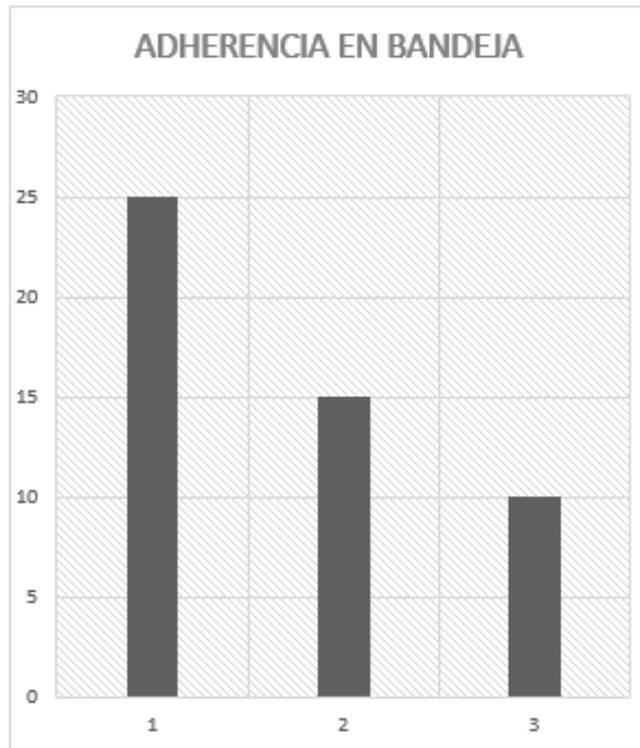
---

**LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuarica Estrella FECHA : 29-08-19  
 DÍAS : 4 Días  
 CANTERA : Chupuro  
 MUESTRA : M - 1

**ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA  
 ( MTC E 520 )**

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	X	1	X
21	X	X	1
22	X	X	1
23	X	1	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	1	X	X
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	X	1	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	X	X	1
45	X	X	1
46	X	1	X
47	X	1	X
48	X	1	X
49	X	1	X
50	1	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>10</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	25	15	10
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	15	20

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>35%</b>
---------------------	------------

**Observaciones:**

Existe desmoronamiento de partículas

---



---



---



---

### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

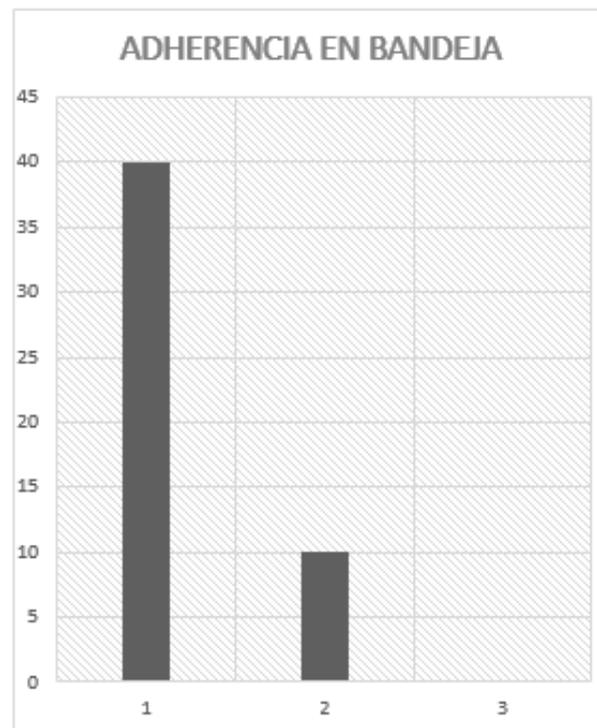
TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

DEPARTAMENTO : JUNÍN  
 FECHA : 29-08-19

DÍAS : 4 Días  
 CANTERA : Matahuasi  
 MUESTRA : M - 1

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	1	X	X
4	1	X	X
5	1	X	X
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	1	X	X
11	1	X	X
12	1	X	X
13	1	X	X
14	1	X	X
15	1	X	X
16	1	X	X
17	1	X	X
18	1	X	X
19	1	X	X
20	X	1	X
21	1	X	X
22	1	X	X
23	1	X	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	1	X	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	1	X	X
33	1	X	X
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	1	X	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	1	X
41	X	1	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	1	X	X
45	1	X	X
46	X	1	X
47	X	1	X
48	1	X	X
49	X	1	X
50	X	1	X
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>0</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	40	10	0
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	10	0

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>10%</b>
---------------------	------------

**Observaciones:**

---



---



---



---



---

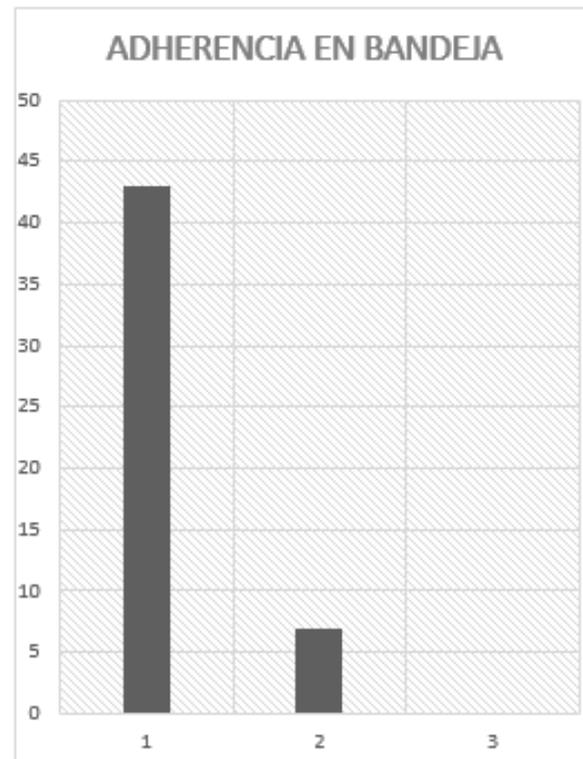
### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella  
 DÍAS : 4 Días  
 CANTERA : Matahuasi  
 MUESTRA : M - 1

DEPARTAMENTO : JUNÍN  
 FECHA : 29-08-19

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	1	X	X
4	1	X	X
5	1	X	X
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	1	X	X
11	1	X	X
12	1	X	X
13	1	X	X
14	1	X	X
15	1	X	X
16	1	X	X
17	1	X	X
18	1	X	X
19	1	X	X
20	X	1	X
21	1	X	X
22	1	X	X
23	X	1	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	1	X	X
33	1	X	X
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	1	X	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	1	X	X
41	1	X	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	1	X	X
45	1	X	X
46	1	X	X
47	X	1	X
48	1	X	X
49	1	X	X
50	1	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>7</b>	<b>0</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	43	7	0
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	7	0

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>7%</b>
---------------------	-----------

**Observaciones:**

---



---



---



---



---

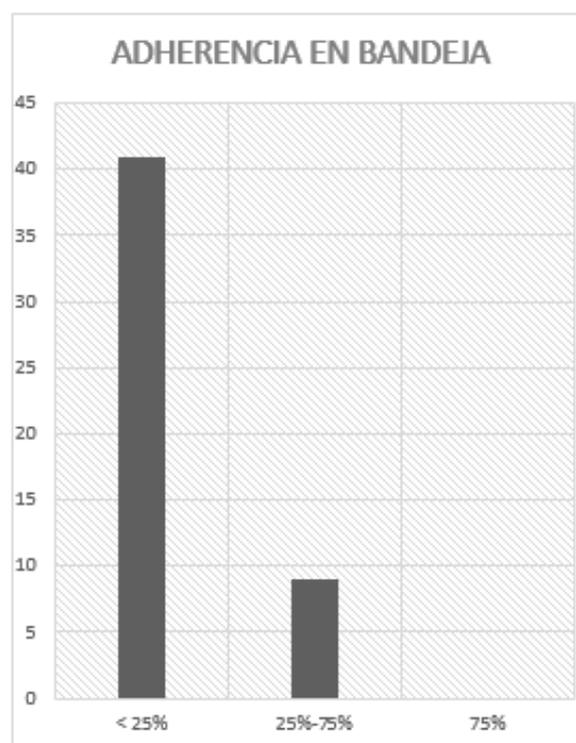
### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella FECHA : 29-08-19

DÍAS : 4 Días  
 CANTERA : Matahuasi  
 MUESTRA : M - 1

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	1	X	X
4	1	X	X
5	1	X	X
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	1	X	X
11	1	X	X
12	1	X	X
13	1	X	X
14	1	X	X
15	1	X	X
16	1	X	X
17	1	X	X
18	1	X	X
19	1	X	X
20	X	1	X
21	1	X	X
22	1	X	X
23	X	1	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	1	X	X
33	1	X	X
34	1	X	X
35	1	X	X
36	1	X	X
37	1	X	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	1	X	X
41	1	X	X
42	1	X	X
43	X	1	X
44	1	X	X
45	1	X	X
46	X	1	X
47	X	1	X
48	1	X	X
49	X	1	X
50	1	X	X
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>	<b>9</b>	<b>0</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	41	9	0
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	9	0

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>9%</b>
---------------------	-----------

**Observaciones:**

---



---



---



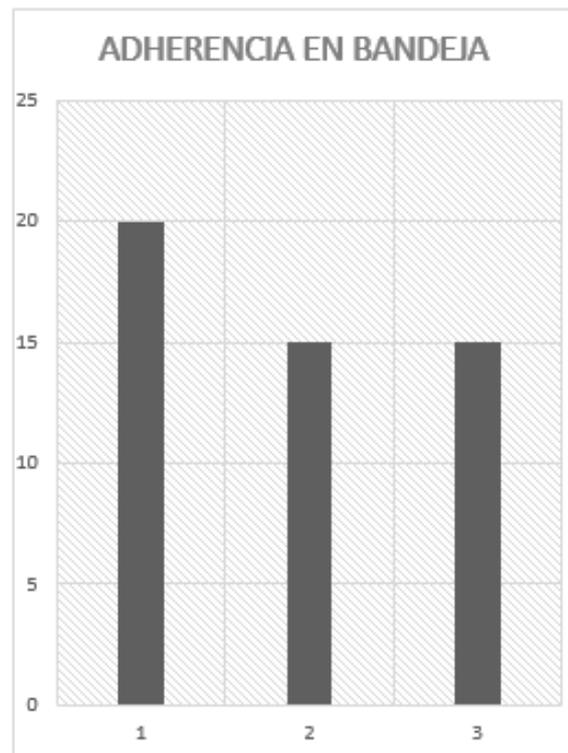
---

### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
**PROVINCIA** : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNÍN  
**CLIENTE** : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella **FECHA** : 29-08-19  
  
**DÍAS** : 4 Días  
**CANTERA** : Pilcomayo  
**MUESTRA** : M - 1

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	X	1	X
21	X	X	1
22	X	X	1
23	X	1	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	X	X	1
34	X	1	X
35	X	X	1
36	1	X	X
37	X	1	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	X	X	1
43	X	1	X
44	X	X	1
45	X	X	1
46	X	1	X
47	X	1	X
48	X	1	X
49	X	X	1
50	X	X	1
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	20	15	15
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	15	30

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>45%</b>
---------------------	------------

---



---



---



---



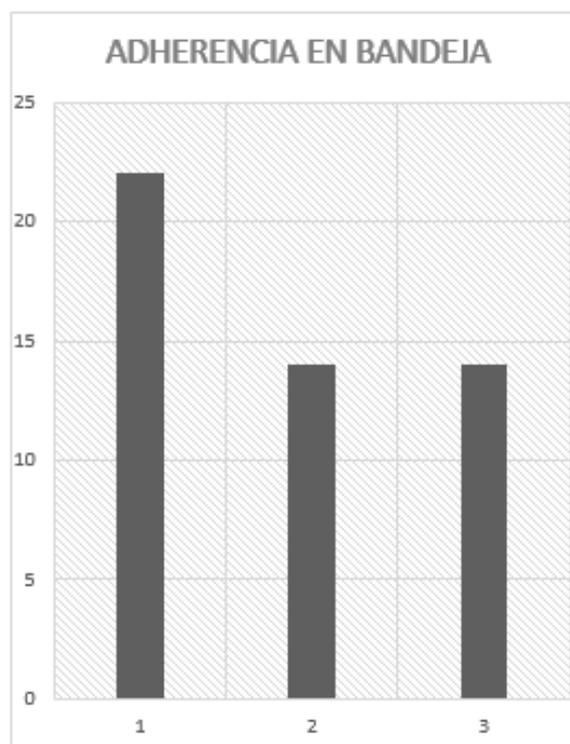
---

### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
**PROVINCIA** : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNÍN  
**CLIENTE** : Jaquelin Judith Carhuarica Estrella **FECHA** : 29-08-19  
  
**DÍAS** : 4 Días  
**CANTERA** : Pilcomayo  
**MUESTRA** : M - 1

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	1	X	X
21	X	X	1
22	X	X	1
23	X	1	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	X	X	1
34	1	X	X
35	X	X	1
36	1	X	X
37	X	1	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	X	X	1
43	X	1	X
44	X	X	1
45	X	X	1
46	X	1	X
47	X	1	X
48	X	1	X
49	X	1	X
50	X	X	1
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	22	14	14
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	14	28

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>42%</b>
---------------------	------------

**Observaciones:**

---



---



---



---



---

## LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

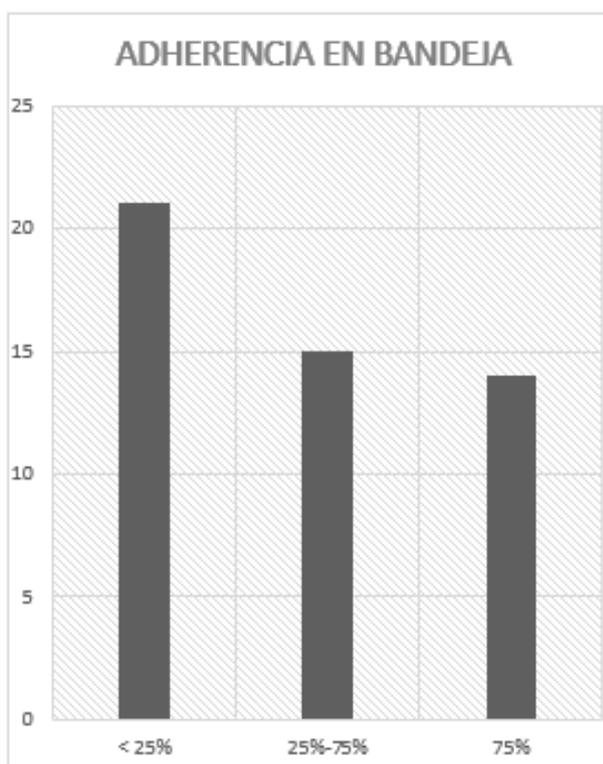
TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuarica Estrella

DEPARTAMENTO : JUNÍN  
 FECHA : 29-08-19

DÍAS : 4 Días  
 CANTERA : Pilcomayo  
 MUESTRA : M - 1

### ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA ( MTC E 520 )

PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE			
MUESTRA	< 25%	25%-75%	75%
1	1	X	X
2	X	1	X
3	X	1	X
4	X	X	1
5	X	X	1
6	1	X	X
7	1	X	X
8	1	X	X
9	1	X	X
10	X	1	X
11	1	X	X
12	X	X	1
13	1	X	X
14	1	X	X
15	X	1	X
16	X	X	1
17	1	X	X
18	1	X	X
19	X	1	X
20	X	1	X
21	X	X	1
22	X	X	1
23	X	1	X



24	1	X	X
25	1	X	X
26	1	X	X
27	X	1	X
28	1	X	X
29	1	X	X
30	1	X	X
31	1	X	X
32	X	X	1
33	X	X	1
34	1	X	X
35	X	X	1
36	1	X	X
37	X	1	X
38	X	1	X
39	1	X	X
40	X	X	1
41	1	X	X
42	X	X	1
43	X	1	X
44	X	X	1
45	X	X	1
46	X	1	X
47	X	1	X
48	X	1	X
49	X	1	X
50	X	X	1
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>14</b>

	PORCENTAJE DE CONTACTO DEL LIGANTE		
	< 25%	25%-75%	75%
<b>TOTAL</b>	21	15	14
<b>FACTOR</b>	0	1	2
<b>% TOTAL</b>	0	15	28

<b>% ADHERENCIA</b>	<b>43%</b>
---------------------	------------

**Observaciones:**

---



---



---



---



---

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**TEMA** TRABAJO DE INVESTIGACION  
**PROVINCIA** HUANCAYO  
**CLIENTE** Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella  
**CANTERA** Pilcomayo - Chupuro - Matahuasi  
**MUESTRA** M - 37653

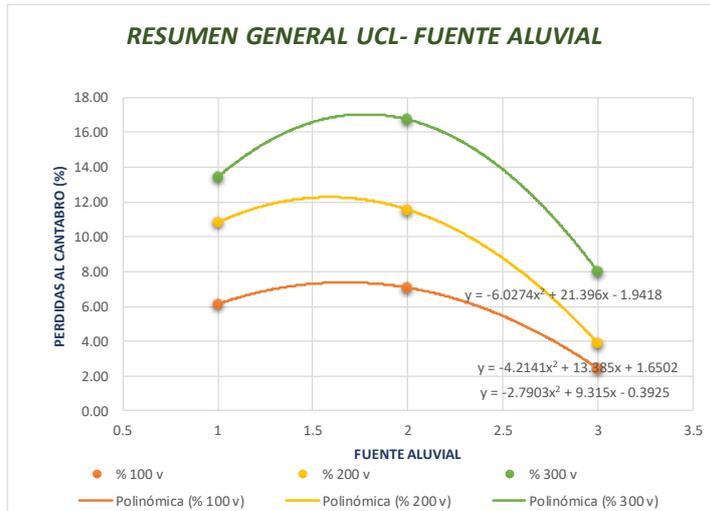
**ENSAYO UCL DE CARACTERIZACION DE LIGANTES-ADHERENCIA**

(Kg)	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO
<b>Peso Inicial</b>	1247.5	1236.5	1250
<b>Peso 100 v</b>	1171	1149	1219.5
<b>Peso 200 v</b>	1112.5	1093.5	1201.5
<b>Peso 300 v</b>	1080	1029.5	1150

(%)	CHUPURO	MATAHUASI	PILCOMAYO
<b>% 100 v</b>	6.13	7.08	2.44
<b>% 200 v</b>	10.82	11.56	3.88
<b>% 300 v</b>	13.43	16.74	8.00

**RESUMEN GENERAL UCL- FUENTE ALUVIAL**



**ECUACION DE PERDIDA POR DESGASTE**

$$P_c = \frac{P_1 - P_2}{P_1}$$

DONDE:

$P_c$  = Valor de pérdida por desgaste, en %  
 $P_1$  = Masa inicial de la probeta, en gramos.  
 $P_2$  = Masa Final de la probeta, en gramos.

Observaciones:

- Fuente 1 = Chupuro
- Fuente 2 = Matahuasi
- Fuente 3 = Pilcomayo

**LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

DEPARTAMENTO : JUNIN

CANtera : Matahuasi  
 MUESTRA : 1 - 00019

**ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2")**  
 (MTC E 207)

PESO DE LA MUESTRA SECA DEL AGREGADO = 4990 grs

Malla		PESO RETENIDO (gr)
Tamiz	mm	
tm - 1 1/2"	38.100	1241.700
tm - 1"	25.405	1239.400
tm - 3/4"	19.055	1250.300
tm - 1/2"	12.700	1258.600
TOTAL		4990.000

PESO SECO DEL ENSAYO LAVADO SOBRE EL TAMIZ = 3950 grs

**PORCENTAJE DE DESGASTE (%) = 21%**

\*Según los resultados obtenidos se concluye que contamos con agregado de baja resistencia al desgaste.

**LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

DEPARTAMENTO : JUNIN

CANtera : Chupuro  
 MUESTRA : 1 - 00020

**ABRACION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2")**  
 (MTC E 207)

PESO DE LA MUESTRA SECA DEL AGREGADO = 4987 grs

Malla		PESO RETENIDO (gr)
Tamiz	mm	
tm - 1 1/2"	38.100	1235.600
tm - 1"	25.405	1271.300
tm - 3/4"	19.055	1225.600
tm - 1/2"	12.700	1254.500
TOTAL		4987.000

PESO SECO DEL ENSAYO LAVADO SOBRE EL TAMIZ = 3750 grs

**PORCENTAJE DE DESGASTE (%) = 25%**

\*Según los resultados obtenidos se concluye que contamos con agregado de una normal resistencia al desgaste.

**LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

DEPARTAMENTO : JUNIN

CANTERA : Pilcomayo  
 MUESTRA : 1 - 00021

**ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE  
 37,5 mm (1 1/2")**  
 (MTC E 207)

PESO DE LA MUESTRA SECA DEL AGREGADO = 4978 grs

Malla		PESO RETENIDO (gr)
Tamiz	mm	
tm - 1 1/2"	38.100	1241.500
tm - 1"	25.405	1219.400
tm - 3/4"	19.055	1251.300
tm - 1/2"	12.700	1265.800
TOTAL		4978.000

PESO SECO DEL ENSAYO LAVADO SOBRE EL TAMIZ = 3195 grs

**PORCENTAJE DE DESGASTE (%) = 36%**

\*Según los resultados obtenidos se concluye que contamos con agregado de alta resistencia al desgaste.

\*Presenta buena dureza al ser sometido a fricciones junto con las esferas.



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

DEPARTAMENTO : JUNIN

CANTERA : Matahuasi  
 MUESTRA : 1 - 00019

**ENSAYO DE AZUL DE METILENO PARA MATERIAL FINO**

CANTIDAD DE SOLUCIÓN DE AZUL DE METILENO (mg)				
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35

Pasante malla #200 :

PESO FILLER = 2.50 gr.

$$AM = \frac{\text{CANTIDAD DE SOLUCIÓN DE AZUL DE METILENO (mg)}}{\text{PESO FILLER (gr.)}}$$

AM =	2.00	mg/gr.
AM =	4.00	mg/gr.
AM =	6.00	mg/gr.
AM =	8.00	mg/gr.
AM =	10.00	mg/gr.
AM =	12.00	mg/gr.
AM =	<b>14.00</b>	<b>mg/gr.</b>

\*El valor obtenido al realizar el ensayo de azul de metileno es de 14.00 mg/gr. Lo que muestra que el desempeño del agregado presentaría posibles fallas.



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

### LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Jaquelin Judith Carhuaricra Estrella

**DEPARTAMENTO** : JUNIN

**CANTERA** : Chupuro  
**MUESTRA** : 1 - 00020

### ENSAYO DE AZUL DE METILENO PARA MATERIAL FINO

CANTIDAD DE SOLUCIÓN DE AZUL DE METILENO (mg)				
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35

Pasante malla #200 :

PESO FILLER = 2.50 gr.

$$AM = \frac{\text{CANTIDAD DE SOLUCIÓN DE AZUL DE METILENO (mg)}}{\text{PESO FILLER (gr.)}}$$

AM =	1.20	mg/gr.
AM =	3.20	mg/gr.
AM =	5.20	mg/gr.
AM =	7.20	mg/gr.
AM =	<b>9.20</b>	<b>mg/gr.</b>

\*El valor obtenido al realizar el ensayo de azul de metileno es de 9.20 mg/gr. Lo que muestra que el desempeño del agregado es marginalmente aceptable.