

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



## **TESIS**

**COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL  
ALTIPLÁNICO PARA LA REHABILITACION  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD  
DE JULIACA - 2016**

**Presentado por**

**Bach. Fredy Miguel, CONDORI CARCAUSTO**

**JULIACA – PERÚ**

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



## **TESIS**

**COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL  
ALTIPLÁNICO PARA LA REHABILITACION  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD  
DE JULIACA - 2016**

**Presentado por**

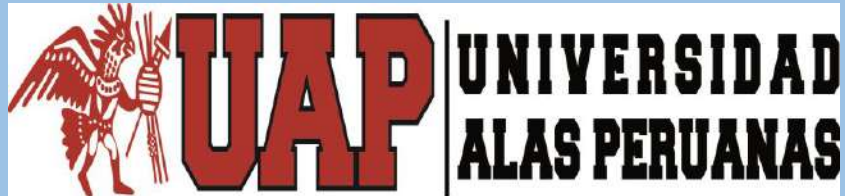
**Bach. Fredy Miguel, CONDORI CARCAUSTO**

**Para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

**JULIACA – PERÚ**

**2016**

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Bach. Fredy Miguel, CONDORI CARCAUSTO

**COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL  
ALTIPLÁNICO PARA LA REHABILITACION  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD  
DE JULIACA - 2016**

Esta tesis fue evaluada y aprobada por la obtención del título  
de Ingeniero Civil en la Universidad Alas Peruanas

.....  
Mg. Alfredo ALARCON ATAHUACHI

.....  
Mg. Víctor M. LIMA CONDORI

.....  
Ing. Daniel QUISPE MAMANI

## DEDICATORIA

*A mi Padre Celestial, quien es el autor de mi existencia, por brindarme su amor, sabiduría e inteligencia  
y ánimos para culminar esta tesis.*

*A mi eterna compañera Evelyn, por su amor y apoyo constante*

*A mi hijo Miguelstefans, un regalo de Dios en mi vida, y mi motivación...*

*A mi querida Madre Cristina que en paz descansa, de quien me siento orgulloso...*

*A mi Padre Miguel y su esposa Paula por su apoyo, aliento y entusiasmo*

*A mis Suegros Marino, Natalia y cuñados por su apoyo moral...*

*A mis queridos Hermanos: Zenaida, Junior, Marisol, Erick, Kevin y Kely, por ser parte de mi vida*

*Gracias.*

*A mis Sobrinos: Vianca, Katherine, Jean Carlos, Alison, Jeremy, Salim y Gabriel, la nueva generación  
de ganadores.*

## AGRADECIMIENTO

*Se agradece por su contribución para el desarrollo de la tesis a:*

*Con gratitud agradezco a las Autoridades de la Universidad Alas Peruanas, en especial a la Dirección adjunto de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil donde culminé mis estudios de pre grado satisfactorio.*

*Mi sincero agradecimiento a las autoridades, y personal administrativo y técnico y profesional de los laboratorios y contexto donde realice la investigación y a las personas quienes con su colaboración hicieron posible la realización de la investigación y por permitirme aplicar, plasmar nuestro trabajo diseño experimental.*

*De manera muy especial a los docentes de la escuela quienes con su ejemplo y duro andar nos regalan conocimiento y experiencias para cristalizar este segundo título Profesional de Ingeniero Civil.*

## RESUMEN

El trabajo de investigación consiste en plantear una propuesta para ver el comportamiento del diseño de mezcla asfáltica Slurry Seal Altiplánico en frío, para la rehabilitación superficial de las vías de la ciudad de Juliaca, en pavimentos flexibles, evaluado a través del Ensayo Marshall.

Inicialmente se mantuvo una etapa preliminar que incluyó una importante recopilación de información de los agregados y materiales a utilizar, el cual brinda una idea general de las principales características físicas mecánicas de los agregados, provenientes en este caso de la cantera Isla (rio Unocolla), los cuales sometidos a diferentes ensayos exigidos por el ASTM, MTC. AG -2013, Institute Slurry Seal, dieron resultados positivos para la elaboración de la mezcla asfáltica Slurry Seal Altiplánico. De igual forma, obtener parámetros de calidad para hacer uso de la emulsión asfáltica más adecuada.

Se pretende encontrar valores ideales de los resultados de los ensayos realizados a los agregados y materiales que se involucran en el diseño de la mezcla, que cumplan con las normativas planteadas anteriormente.

En cada uno de los capítulos se describen los procedimientos y requerimientos específicos para la selección del diseño final de la mezcla. Se evalúan los parámetros necesarios para una correcta selección de granulometría; la variación que se presenta en volumen de vacíos ( $V_v$ ); y contenido óptimo de asfalto. Todos estos soportados con ensayos y tablas que demuestran la credibilidad de la información presentada.

Finalmente se presentan los resultados obtenidos, los cuales muestran los criterios de selección de la granulometría de diseño y del contenido óptimo de asfalto mediante el método Marshall, donde se demuestra la utilización de esta mezcla para el mantenimiento y rehabilitación de superficies de las vías de la ciudad de Juliaca.

## **ABSTRACT**

The research work is to make a proposal to see the behavior of asphalt mix design Slurry Seal Altiplánico cold for surface rehabilitation of roads in the city of Juliaca, in flexible pavement, evaluated through the Marshall test.

Initially it held a preliminary stage that included an important collection of information aggregates and materials to be used, which provides an overview of the main mechanical physical characteristics of aggregates, from here on the island quarry (river Unocolla) which subjected to different tests required by ASTM, MTC. -2013 AG, Institute Slurry Seal, tested positive for the preparation of the asphalt mix Altiplánico Slurry Seal. Similarly, obtaining quality parameters to make use of the most appropriate bitumen emulsion.

It is intended to find ideal values of the results of tests conducted to aggregates and materials involved in the mix design that meet the standards raised above.

In each of the chapters the specific procedures and requirements for the selection of the final design of the mixture are described. The parameters necessary for a correct selection of particle size are evaluated; variation that occurs in void volume ( $V_v$ ); and optimum asphalt content. All these trials and supported with tables that demonstrate the credibility of the information presented.

Finally the results are presented which show the selection criteria granulometry design and optimum asphalt content by Marshall Method, where the use of this mixture for maintenance and rehabilitation of surfaces pathways demonstrated city of Juliaca.

# INDICE

Portada	i
Portada	ii
Portada de Aprobación de Tesis por Jurados	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Índice	viii

## PAG.

Introducción	20
--------------	----

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática	22
1.2. Delimitaciones de la Investigación	23
1.2.1. Delimitación Espacial	23
1.2.2. Delimitación Temporal	23
1.2.3. Delimitación Social/Conductual	24
1.2.4. Delimitación Conceptual	24
1.3. Planteamiento de Problema de Investigación	25
1.2.1 Problema General	25
1.2.2 Problemas Específicos	25
1.4. Objetivos de la Investigación	25
1.4.1. Objetivo General	25
1.4.2. Objetivos Específicos	25
1.5. Formulación de la Hipótesis de la Investigación	26
1.5.1. Hipótesis General	26
1.5.2. Hipótesis Especificas	26
1.6. Variables de la Investigación	26



1.6.1. Variable independiente	26
1.6.2. Variable dependiente	27
1.6.3. Operacionalización de Variables	28
1.7. Metodología de la Investigación	28
1.7.1. Tipo y Nivel de Investigación	28
1.7.2. Diseño y Métodos de Investigación	29
1.7.3. Población y Muestra de la Investigación	29
1.7.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	30
1.8. Justificación e Importancia de la Investigación	31
1.9. Viabilidad del Estudio	32

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

2.1. Antecedentes de la Investigación	34
2.2. Bases Teóricas	35
2.2.1. Slurry Seal Altiplánico	35
2.2.1.1 Definición de Slurry Seal Altiplánico en Frio	35
2.2.2. Agregados	35
2.2.3. Ensayos	36
2.2.3.1 Ensayo Granulométrico	36
2.2.3.2 Ensayo Equivalente de Arena	37
2.2.3.3 Ensayo de Abrasión	38
2.2.3.4 Ensayo Desgaste a los Sulfatos	39
2.2.3.5 Ensayo de Peso Específico	40
2.2.3.6 Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad	41
2.2.4. Emulsiones	42
2.2.4.1 Emulsiones Asfálticas	42
2.2.4.2 Historia de las Emulsiones Asfálticas	42
2.2.4.3 Origen y Naturaleza del Asfalto	44
2.2.4.4 Refinación del Asfalto	44
2.2.4.5 Clasificación y Grados de Asfalto	45
2.2.4.6 Propiedades Químicas del Asfalto	45
2.2.4.7 Composición del Asfalto	46

2.2.4.8	Propiedades Físicas del Asfalto	47
2.2.4.9	Asfalto	47
2.2.4.10	Clasificación de las Emulsiones Asfálticas	48
2.2.4.11	Composición de las Emulsiones Asfálticas	49
2.2.4.12	Cemento Asfáltico	50
2.2.4.13	El Agua	51
2.2.4.14	El Emulsificante	51
2.2.4.14.1	Emulsificantes Anionicos	52
2.2.4.14.2	Emulsificantes Catiónicos	52
2.2.4.15	Clasificación de las Emulsiones Asfálticas	53
2.2.4.16	Fabricación de las Emulsiones	54
2.2.4.17	Definición del Pavimento	55
2.2.4.18	Ensayos a Realizar a la Emulsión Asfáltica CSS-1	56
2.2.4.19	Muestreo de Emulsiones (AASHTO T40 O ASTM D140)	56
2.2.4.20	Viscosidad Saybolt Furol A 25 Grados (ASTM D 2397 o D 244-22/24)	57
2.2.4.21	Residuos de la Destilación y Aceite (ASTM D 244-8)	57
2.2.4.22	Estabilidad de Almacenamiento (ASTM D244)	58
2.2.4.23	Sedimentación (ASTM D 244-29/32)	58
2.2.4.24	Carga de Partículas de Prueba (ASTM D-244)	59
2.2.4.25	Ensayos al Residuo de Asfalto (ASTM T 49)	59
2.2.4.26	Procedimiento de Pruebas para la Emulsión Asfáltica Viscosidad Saybolt Furol A 25 Grados (ASTM D-2397 o D 244-22/24)	60
2.2.4.27	Residuos de la Destilación y Aceite (ASTM D 244-8)	61
2.2.4.28	Ensayo de Destilación para Emulsiones Asfálticas	62
2.2.4.29	Prueba de Abrasión Bajo Agua (WTAT)	62
2.2.4.30	Prueba de la Rueda Cargada o (Hamburgo)	66
2.2.4.31	Ensayo de Consistencia, con el Cono	69
2.2.4.32	Prueba de Mesclado Manual	71
2.2.4.33	Ensayo de Cohesión ISSA TB 139	74
2.2.4.34	Ensayo de Abrasión en Húmedo ISSA TB 100	75
2.2.4.35	Ensayo de Rueda Cargada ISSA TB 109	76

2.2.4.36	Determinación Gráfica del Contenido de Asfalto	77
2.2.5	Definiciones Conceptuales	78

### **CAPÍTULO III**

#### **Propuesta Técnica de la Investigación**

3.1.1	Generalidades	82
3.1.2	Definición del Agregado	82
3.1.3	Geología de la Cantera	83
3.1.4	Características de Ubicación de la Cantera Isla de la Ciudad de Juliaca. (Rio Unocolla)	84
3.1.5	Características Físicas de los Agregados de la Cantera Isla de la Ciudad de Juliaca	85
3.1.6	Características Resistentes de Agregados Cantera Isla	86
3.1.7	Ensayo Granulométrico	86
3.1.8	Resultados del Ensayo Granulométrico del Agregado	87
3.1.9	Interpretación de los Resultados	88
3.1.10	Ensayo Equivalente de Arena	89
3.1.11	Resultados del Ensayo de Equivalente de Arena	90
3.1.11.1	Interpretación de los Resultados	90
3.1.12	Ensayo de Gravedad Específica y Absorción	92
3.1.13	Resultados del Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado	92
3.1.13.1	Interpretación de los Resultados	94
3.2.	Filler	95
3.2.1	Resultados del Ensayo Granulométrico del Filler (Cal Hidratada)	95
3.2.1.1	Interpretación de los Resultados	96
3.2.2	Resultados del Ensayo Granulométrico por Tamizado del Agregado Fino (98%), más la Adición del Filler (Cal Hidratada) 2%	97
3.2.2.1	Interpretación de los Resultados	98
3.3.	Calidad del Agua Utilizada para los Ensayos	99
3.3.1	Interpretación de los Resultados	100
3.4.	Emulsión Asfáltica	101
3.4.1	Asfalto	101

3.4.2 Componentes de las Emulsiones Asfálticas	102
3.4.2.1 Cemento Asfáltico	102
3.4.2.2 Solución Jabonosa	103
3.4.2.2.1 Agua	103
3.4.2.2.2 Agente Emulsificante	103
3.4.3 Mezcla Asfáltica en Frío	104
3.4.3.1 Cerradas o (Densas)	105
3.4.3.2 Abiertas	106
3.4.3.3 Virtudes de las Mezclas Asfálticas en Frio	106
3.4.3.4 Recomendaciones de Uso	107
3.4.4 Resultado de las Pruebas Realizadas al Mortero Asfaltico, ISSA A -105	107
3.4.4.1 Interpretación de los Resultados	108
3.4.4.2 Prueba de Abrasión Bajo Agua (WTAT)	108
3.4.4.3 Prueba de la Rueda Cargada o (Hamburgo)	109
3.4.4.4 Ensayo de Consistencia, con el Cono, para Morteros Asfalticos	109
3.4.4.5 Prueba de Mezclado Manual	110
3.4.4.6 Ensayo de Cohesión ISSA TB 139	111
3.4.4.7 Emulsión Asfáltica de Fabricante	111
3.4.5 Diseño de Mezcla Asfáltica en Frío con Emulsión Asfáltica	112
3.4.6 Diagrama del Diseño de Mezcla Del Slurry Seal	113
3.4.7 Preparación de las Muestras de Ensayo	114
3.4.8 Ensayo Marshall (ASTM D -1559, MTC E 504)	116
3.4.9 Procedimiento de Ensayo Marshall	117
3.4.9.1 Determinación del Peso Específico Total	117
3.4.9.2 Ensayo de Estabilidad y Fluencia	118
3.4.9.3 Valor de Estabilidad Marshall	118
3.4.9.4 Valor de Fluencia Marshall	119
3.4.9.5 Análisis de Densidad de Vacíos	119
3.4.9.6 Análisis de Peso Unitario	120
3.4.9.7 Análisis de VMA	120
3.4.9.8 Análisis de VFA	120

3.5 Resultados del Ensayo Marshall por Corte en Compresión de las Briquetas	120
3.5.1 Interpretación de los Resultados	121
3.5.2 Muestra: Briqueta con 11% de Mortero Asfaltico	121
3.5.3 Muestra Óptima: Briqueta con 11% de Mortero Asfaltico	122
3.5.4 Proporciones de Materiales para el Diseño del Slurry Seal Altiplánico	122
4.0 Aplicación del Slurry Seal Altiplánico para la rehabilitación de vías	124
4.1. Proceso de colocación	125
4.1.1 Climatología	125
4.1.2 Obras de drenaje en la vía	125
4.1.3 Limpieza de alcantarillas y otras estructuras de drenaje	126
4.1.4 Reparación y limpieza de cunetas	128
4.1.5 Sello de fisuras y grietas	128
4.1.6 Bacheo mayor (reparación de áreas de falla)	130
4.1.7 Bacheo superficial o menor	131
4.1.8 Limpieza de la vía	133
4.1.9 Calibración y verificación de la maquina pavimentadora De mortero asfaltico	134
4.1.10 Control de tránsito	134
4.1.11 Aplicación	134
4.2 Equipos a utilizar	136
4.2.1 Maquina pavimentadora de mortero asfaltico	137
4.2.2 Barredora mecánica	139

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

4.1 Presentación del Análisis cuantitativo de las variables	140
4.2 Contrastación de la Hipótesis	140
4.3 Discusión de Resultados	148
Conclusiones	152
Recomendaciones	154

Fuentes de Información 155

**ANEXOS** 157

Matriz de Consistencia

Panel Fotográfico del Proceso de Diseño del Slurry Seal Altiplánico

Ensayos de Laboratorio

## INDICE TABLA

Tabla N° 01, Granulometría Slurry Seal Especificaciones

Tabla N° 02, Características de Ubicación de la Cantera Isla

Tabla N° 03, Características Físicas de Agregados Cantera Isla

Tabla N° 04, Características Resistentes de Agregados Cantera Isla

Tabla N° 05, Granulometría para el Diseño del Slurry Seal ASTM. C -136

Tabla N° 06, Resultados del Ensayo Granulométrico del Agregado Fino

Tabla N° 07, Resultados del Ensayo Equivalente de Arena del Agregado Fino

Tabla N° 08, Resumen del Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción Agregado Gueso

Tabla N° 09, Resumen del Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción Agregado Fino

Tabla N° 10, Resumen del Ensayo Granulométrico por Tamizado de la Cal Hidratada (Filler)

Tabla N° 11, Resumen del Ensayo Granulométrico por Tamizado del Agregado Fino al 98% + Cal Hidratada (Filler) 2%

Tabla N° 12, Resultados de Análisis Físico Químico de Aguas de Pozo

Tabla N° 13, Pruebas Realizadas al Mortero Asfaltico ISSA A -105 Slurry Seal de Diseño

Tabla N° 14, Diagrama de Diseño de Mezcla del Slurry Seal

Tabla N° 15, Resumen del Ensayo Marshall de Corte en Compresión de las Briquetas con Porcentaje de Emulsión Asfáltica ASTM D- 1559.

Tabla N° 15, Resumen del Ensayo Marshall de Corte en Compresión

Tabla N° 16, Análisis de Varianza

Tabla N° 17, Diferencia de Medias

## INDICE DE FIGURAS

- Figura N° 01, Ensayo de Viscosidad Saybolt
- Figura N° 02 y 03, Muestra para Determinar la Abrasión en Húmedo
- Figura N° 04 y 05, Muestra Curada a Temperatura Ambiente
- Figura N° 06, Ensayo de Abrasión
- Figura N° 07, Obtención del Peso de la Muestra
- Figura N° 08, Contenido mínimo de asfalto
- Figura N° 09, Muestras para el Ensayo de Rueda Cargada
- Figura N° 10, Equipo para Ensayo de Rueda Cargada
- Figura N° 11, Muestras Ensayadas
- Figura N° 12, Contenido Máximo de Asfalto
- Figura N° 13, Determinación del Contenido Óptimo de Asfalto
- Figura N° 14, Hoja de Escala de Flujo para Prueba de Cono
- Figura N° 15, Prueba de Cono
- Figura N° 16, Mescla de la Emulsión
- Figura N° 17, Mesclado de la Muestra a Mano
- Figura N° 18, 19 Control de Liberación de Agua de la Mescla
- Figura N° 20, Ensayo de Cohesión
- Figura N° 21, Ensayo de Abrasión en Húmedo
- Figura N° 22, Ensayo de Rueda Cargada
- Figura N° 23 Asfalto en Pesaje
- Figura N° 24, Grafico de Tolerancias del Contenido de Asfalto
- Figura N° 25, Grafico de Contenido Óptimo de Asfalto
- Figura N° 26 Ensayo Granulométrico del Agregado
- Figura N° 27, Ensayo de Equivalente de Arena



Figura N° 28, Ensayo de Equivalente de Arena de 03 Muestras

Figura N° 29, Ensayo de Peso Específico

Figura N° 30 y 31 Ensayo Granulométrico del Filler

Figura N° 32, Mescla del Agregado Mixto con la Cal

Figura N° 33 Mortero asfaltico BITUPER SAC.

Figura N° 34, Mesclado de Agregados con Emulsión

Figura N° 35, Elaboración de Testigo o Briquetas

Figura N° 36, Elaboración de Testigos con Diferentes Porcentajes de Asfalto

Figura N° 37, Testigo Secos

Figura N° 38, Equipo Marshall y Corte de Testigos

Figura N° 39, Tipos de sellos con mescla asfáltica

Figura N° 40, Maquina pavimentadora.

Figura N° 41, Mezcladora

Figura N° 42 Esparcidora

Figura N° 43, Barredora mecánica

## INDICE DE ENSAYOS

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Agregado Fino Muestra 01

Ensayo de Equivalente de Arena ASTM D 2419 de la Muestra N°01

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Agregado Fino Muestra 02

Ensayo de Equivalente de Arena ASTM D 2419 de la Muestra N°02

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Agregado Fino Muestra N°  
03

Ensayo de Equivalente de Arena ASTM D 2419 de la Muestra N°03

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Filler (Cal Hidratada) Muestra  
01

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Filler (Cal Hidratada) Muestra  
02

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Filler (Cal Hidratada) Muestra  
03

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Agregado Fino 98% + 2 % de  
Cal Hidratada Muestra 01

Ensayo de Equivalente de Arena ASTM D 2419 de la Muestra N°01

Ensayo de Pesos Unitarios (ASTM C-128) Agregado Fino, Muestra N° 01

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Agregado Fino 98% + 2 % de  
Cal Hidratada Muestra 02

Ensayo de Equivalente de Arena ASTM D 2419 de la Muestra N°02

Ensayo de Pesos Unitarios (ASTM C-128) Agregado Fino Muestra N°02

Ensayo Granulométrico por Tamizado ASTM C-136 Agregado Fino 98% + 2 % de  
Cal Hidratada Muestra 03

Ensayo de Equivalente de Arena ASTM D 2419 de la Muestra N°03

Ensayo de Pesos Unitarios (ASTM C-128) Agregado Fino Muestra N°03

Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción (ASTM C-128) Agregado Fino y Agregado Grueso Muestra N°01

Ensayo de Gravedad Especifica y Absorción (ASTM C-128) Agregado Fino y Agregado Grueso Muestra N°02

Ensayo Marshall (ASTM D – 1559, MTC E 504) Briqueta Con 11% de Emulsión Asfáltica.

Ensayo Marshall (ASTM D – 1559, MTC E 504) Briqueta con 12% de Emulsión Asfáltica.

Ensayo Marshall (ASTM D – 1559, MTC E 504) Briqueta con 13% de Emulsión Asfáltica.

Ensayo Marshall (ASTM D – 1559, MTC E 504) Briqueta con 14% de Emulsión Asfáltica.

Ensayo Marshall (ASTM D – 1559, MTC E 504) Briqueta con 15% de Emulsión Asfáltica.

Ensayo Marshall Verificación (ASTM D – 1559, MTC E 504) Briqueta con 13.60% de Emulsión Asfáltica.

Grafico del Ensayo Marshall en Frio de la Muestra Considerada Óptima.

Ensayo de Proporciones de Materiales en el Diseño Slurry Seal

Ensayo de Pruebas Realizadas al Mortero Asfaltico ISSA A – 105 Diseño Slurry Seal.

Ensayos de colocado de la mezcla Slurry Seal Altiplánico con 13.60% de asfalto en las vías: Jáuregui, Huáscar y Parque el Cholo.

## INTRODUCCIÓN

Las vías en nuestra ciudad de Juliaca, poseen una gran importancia por el papel fundamental que cumplen en la actualidad siendo necesario contar con una adecuada, cómoda y segura vía, que facilite el transporte de personas y/o bienes con la mayor comodidad.

Es importante ofrecer en la actualidad una vía en excelentes condiciones a causa del impulso económico que estas ofrecen y la disminución en tiempo de viaje y costos de operación de vehículos, llevando consigo un beneficio considerable al usuario y al transportista.

La propuesta del trabajo de investigación, es ver el comportamiento del diseño de mezcla asfáltica en frío como una alternativa para el mantenimiento de las vías de pavimentos flexibles en estado de rehabilitación superficial; y surge como una necesidad de minimizar costos en el proceso de producción y manejo del asfalto para la elaboración de mezcla en frío, en el área de mantenimiento de vías, además de brindar una opción que implica menor impacto ambiental en el uso de los derivados del petróleo.

Las mezclas asfálticas en frío tienen mucha aceptación a nivel internacional, pues además de ser amigables con el medio ambiente, se realizan menores gastos energéticos para su producción y no ocasionan contaminación luego de ser colocadas (Jiménez Acuña, 2009).

Se dice que no producen contaminación puesto que uno de los materiales que la componen es emulsión asfáltica, la cual es elaborada a base de asfalto, agua, ácido clorhídrico, látex y soluciones jabonosas, y no asfalto rebajado, el cual es producto de “diluir” el asfalto en disolventes volátiles tales como el keroseno, diésel o gasolina, para producir un asfalto más líquido sin recurrir al calor, con el objetivo de que los productos asfálticos alcancen una garantía de trabajo a la temperatura ambiente, sin necesidad de calentar el asfalto.

Las variables anteriormente mencionadas hacen que la mezcla asfáltica en frío se proyecte como una excelente opción para realizar trabajos en pavimentos flexibles y como una alternativa de mantenimiento.

El diseño de la mezcla se evalúa a partir del Método Marshall (ASTM D1559), el cual contempla los parámetros que deben cumplirse, como son: estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, cantidad óptima de asfalto.

# CAPÍTULO I

## I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La ciudad de Juliaca, centro cosmopolita de la zona sur Región Puno, en la actualidad viene dándose un crecimiento poblacional y urbano a pasos agigantados, debido a su ubicación de eje económico, comercial y geográfico, con la migración de las localidades cercanas en busca de mejoras económicas, esto ha generado un desarrollo urbano acelerado, para responder a estas necesidades se tuvieron que realizar trabajos con escasa dirección técnica.

Así mismo la carencia de infraestructura vial actual no es la adecuada, por lo que se encuentran en mal estado de conservación, ya sea por el diseño y otros factores que evidencian su deterioro y por el mantenimiento inadecuado.

Las vías de la ciudad de Juliaca fueron ejecutadas por la Municipalidad Provincial de San Román y el Gobierno Regional de Puno; el problema que presenta las principales vías en la ciudad de Juliaca en la actualidad, es que se encuentran en estado de deterioro, lo que implica un diagnóstico si se realizó el mantenimiento respectivo, o si cuenta o no con un programa de mantenimiento periódico de vías, y la utilización adecuada de diseños de micro pavimentos, para darle un mantenimiento adecuado, económico y ambiental.

Las causas que motivan estos desgastes prematuros son múltiples como:

- Deficiencias en el diseño de pavimentos de vía.
- Deficiencias en los procesos constructivos.
- Deficiencias en el mantenimiento de vías urbanas
- Se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo.

El que amerita un análisis minucioso, ya que en un país como el nuestro no podemos darnos el lujo de cambiar varias veces un pavimento y que el diseño elaborado, no cumpla con las características del proceso constructivo esperado.

Al no cumplir con el periodo de diseño, hace que el costo de inversión se incremente, y si no existe un programa de mantenimiento adecuado y económico, estos terminen deteriorándose y finalmente siendo desechados; es necesario que los pavimentos diseñados cumplan con todas las consideraciones técnicas para que estas sean duraderas en el tiempo, y permitan el tránsito fluido y esperado.

En cuanto al impacto ambiental que se produce se pueden mencionar los altos consumos energéticos que demanda el diseño de las mezclas asfálticas en caliente, grandes cantidades de combustible utilizados en el calentamiento de los agregados y del asfalto, así como también la contaminación que produce la incorporación del asfalto rebajado en el diseño de las mezclas en el suelo.

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

El distrito de Juliaca está ubicado en la parte norte de la provincia de San Román y al lado noroeste del lago Titicaca y a 35 Km., de ésta. El área geográfica del distrito de Juliaca ocupa la parte céntrica del departamento de Puno y la meseta del Collao. Debido a su importancia geoeconómica, 1926 Juliaca se integra a la Provincia de San Román como su capital.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

El estudio se inició en el mes de octubre del 2015, culminándose en el mes de agosto del 2016, tiempo que permitió realizar el trabajo de campo y análisis de los resultados finales.

### 1.2.3. Delimitación social/conductual

La investigación está centrada en el estudio de las características y propiedades físico- mecánicas de los agregados y el diseño de mezcla óptimo de Slurry seal altiplánico para la rehabilitación de las vías de Juliaca.

### 1.2.4. Delimitación Conceptual

#### **Diseño Slurry Seal Altiplánico**

Es una mezcla constituida por la combinación de uno o más agregados pétreos, con una emulsión asfáltica (que no es más que asfalto emulsionado en agua antes de ser mezclado con el agregado) y, eventualmente, agua. En este estado de emulsión el asfalto es menos viscoso y la mezcla es más fácil de trabajar y compactar. La emulsión romperá luego de que suficiente agua se haya evaporado y la mezcla en frío comienza a tener buena resistencia. Estas mezclas se efectúan con asfaltos líquidos y sin recurrir al calentamiento de los agregados.

El diseño Slurry Seal Altiplánico, inicialmente se mantuvo una etapa preliminar que incluyó una importante recopilación de información de los agregados y materiales a utilizar, el cual brinda una idea general de las principales características físicas mecánicas de los agregados, provenientes en este caso de la cantera Isla (rio Unocolla), los cuales sometidos a diferentes ensayos exigidos por el ASTM, MTC. EG -2013, Institute Slurry Seal, los resultados cumplen con las especificaciones técnicas para la elaboración de la mezcla asfáltica Slurry Seal Altiplánico.

Se pretende encontrar valores ideales de los resultados de los ensayos realizados a los agregados y materiales que se involucran en el diseño de la mezcla, que cumplan con las normativas planteadas anteriormente.

El diseño de la mezcla se evalúa a partir del Método Marshall (ASTM D1559), el cual contempla los parámetros que deben cumplirse, como son:



estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, cantidad óptima de asfalto, entre otros.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Problema General**

¿Cuál es el comportamiento del Slurry Seal Altiplánico para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016?

#### **1.3.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas?
- ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico para la rehabilitación de las vías urbanas?
- ¿Cuál es el comportamiento del diseño de mezcla óptimo del Slurry Seal Altiplánico para la rehabilitación de las vías urbanas?

### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar el comportamiento del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico para la rehabilitación de las vías urbanas.
- Establecer el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico para la rehabilitación de las vías urbanas.

- Explicar el comportamiento del diseño de mezcla óptimo del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de vías.

## **1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Hipótesis General**

El comportamiento del Slurry Seal Altiplánico cumple con los estándares y normativas requeridas para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- El comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico, es adecuado para la rehabilitación de las vías urbanas.
- El comportamiento de las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico y su contenido de asfalto es pertinente para la rehabilitación de las vías urbanas.
- El comportamiento del diseño de mezcla propuesto del Slurry Seal Altiplánico, es óptimo y adecuado para la rehabilitación de vías.

## **1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Variable independiente**

- Diseño de Slurry Seal Altiplánico

#### **Dimensiones:**

- Características de los agregados

#### **Indicadores:**

- Granulometría
- Límites de consistencia
- Gravedad específica
- Equivalente de arena

- Abrasión los ángeles
  - Contenido de humedad
  - Durabilidad
- Propiedades físico mecánicas de la Emulsión Asfáltica.

**Indicadores:**

- Abrasión
  - Rueda cargada
  - Cono de consistencia
  - Tiempo de mezclado
  - Cohesión
- Diseño de mescla.
- Indicadores:**
- Materiales seleccionados
  - Porcentaje de asfalto
  - Elaboración de especímenes de briqueta

### 1.6.2. Variable dependiente

- Rehabilitación de las vías

**Dimensiones:**

- Marshall

**Indicadores:**

- Peso específico total
  - Estabilidad
  - Fluencia
  - Densidad de vacíos
  - Peso unitario
- Resistencia

### Indicadores:

- Abrasión de los Ángeles

#### 1.6.3. Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE DE ESTUDIO</b>  (X)  - Diseño del Slurry Seal Altiplánico.	- Características de los agregados.	- Granulometría - Límites de consistencia - Gravedad específica - Equivalente de arena - Abrasión los ángeles - Contenido de humedad - Durabilidad
	- Propiedades físico mecánicas de la Emulsión Asfáltica.	- Abrasión - Rueda cargada - Cono de consistencia - Tiempo de mezclado - Cohesión
	- Diseño de mezcla	- Materiales seleccionados - Porcentaje de asfalto - Elaboración de especímenes de briqueta
<b>VARIABLE DE ESTUDIO</b>  (Y)  - Rehabilitación de las vías.	- Marshall	- Peso específico total - Estabilidad - Fluencia - Densidad de vacíos - Peso unitario
	- Resistencia	- Abrasión los Ángeles

## 1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1. Tipo y nivel de Investigación

#### a) Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación será del tipo Cuantitativo, Aplicado Experimental, porque se va a ver el comportamiento de la mezcla Slurry Seal Altiplánico en frío, para la rehabilitación de vías, con

agregados provenientes de la cantera del río Unocolla, de la ciudad de Juliaca.

El propósito de la investigación es cuantitativo, aplicado experimental, investigar las posibles relaciones causa - efecto, la elección de los elementos del experimento debe obedecer a un criterio estadístico riguroso.

La investigación cuantitativa, aplicada y experimental obedece al análisis de lo que ocurrirá en condiciones cuidadosamente controladas. Es el método clásico de laboratorio y probablemente el método más difícil y más exacto de investigación".

#### **b) Nivel de investigación**

La investigación por la profundidad de su estudio es descriptivo-analítico debido que se demuestra las características del diseño de mezcla de Slurry Seal Altiplánico para el uso de rehabilitación de las vías de la ciudad de Juliaca.

### **1.7.2. Diseños y métodos de Investigación**

#### **a) Diseño de investigación**

El diseño de investigación por sus características corresponde al diseño experimental factorial, y específicamente al diseño factorial de análisis de factores y como testigo la normatividad en cuanto a los estándares del Slurry Seal.

### **1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **a) Población**

La población en estudio constituyen todas las vías urbanas de la ciudad de Juliaca.

## b) Muestra

La muestra considerada en el trabajo de investigación, está constituido por las siguientes vías: Jr. Huáscar, Jáuregui y Ovalo parque del Cholo, en un área de 1 m<sup>2</sup>.

### 1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### a) Técnicas

- **Observación:** Consiste en el registro sistemático, valido y confiable del comportamiento del diseño de mezcla.
- **Ensayo:** Es un procedimiento definitivo que produce un resultado de prueba considerada como operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de los materiales sometidos en laboratorio, como parte de un experimento.

#### b) Instrumentos

**Fichas de observación:** En la investigación de campo, las fichas de observación son un instrumento fundamental para la recolección de información, el cual es metódica, sistematizada y ordenada.

**Certificaciones:** Es un documento que indica que un producto o proceso, cumple con los estándares internacionales definidos por una organización internacional de normalización.

En los últimos años por el intercambio de experiencias que se han realizado en la Internacional Slurry Surfacing Association (ISSA), se ha normalizado criterios, métodos de evaluación y diseño ya reconocidos en la A.S.T.M.; como método de prueba y la EG. 2013 MTC.

## 1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

### a) Justificación

El presente estudio se justifica porque la ciudad de Juliaca como eje de desarrollo, es importante en la región Puno y del país, así mismo sus vías forman parte del sistema vial de integración, local, inter distrital, departamental e internacional, ya que todo vehículo tiene que pasar por la ciudad de Juliaca y enlazarse a la vía internacional, permitiendo el intercambio comercial y el acceso a centros turísticos, mercados, y otros; generando el desarrollo económico en sus distintos rubros.

Por lo que las vías van siendo deterioradas por el tráfico, clima e intemperismo, el cual requiere de un mantenimiento periódico permanente, para dar serviciabilidad a los usuarios.

Así mismo el trabajo de investigación es aplicado a conocer el comportamiento de la mezcla Slurry Seal Altiplánico (con agregados y materias primas de la zona), y ver si cumplen los requerimientos del ASTM., cuya mezcla servirá para el mantenimiento de superficies viales deterioradas de la ciudad de Juliaca.

### b) Limitaciones

El trabajo de Investigación está orientada a diseñar y establecer los métodos de ensayos a usarse para cada uno de los agregados, y diseñar la mezcla Slurry Seal Altiplánico en frío, adecuado para la rehabilitación superficial de las vías, así mismo se realizara estudios específicos como; ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, para obtener valores y certificaciones.

Se ha considerado los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, de los componentes que intervienen en la elaboración del diseño de la mezcla Slurry Seal Altiplánico, con agregados de la cantera del rio Unocolla de la ciudad de Juliaca, donde estos serán llevados al

laboratorio y serán procesados en gabinete, para finalmente determinar los resultados técnicos, los que nos conllevaran a ver el comportamiento del diseño de mezcla Slurry Seal, con agregados provenientes de la zona, aplicado para la rehabilitación de las vías de la ciudad de Juliaca.

- Este estudio va dirigido únicamente a las emulsiones catiónicas de rompimiento lento (frio).
- Los agregados pétreos son provenientes de la zona de Juliaca de la cantera Isla (rio Unocolla).
- Todos los procedimientos, gradación y ensayo Marshall para el diseño de la mezcla asfáltica en frío están fundamentados en el Manual MS-14 del Instituto del Asfalto
- No se ha considerado algunos ensayos especiales, por el costo que genera enviar a laboratorios en la ciudad de Lima.

## **1.9. VIABILIDAD DE ESTUDIO**

El estudio a considerarse ve el comportamiento de la mezcla Slurry Seal Altiplánico, con agregados de la cantera Isla rio Unocolla y materias primas consideradas de la ciudad de Juliaca, cuya distancia es de 7 km., en un tiempo de recorrido de 10 minutos, desde la salida a Lampa con destino al rio Unocolla.

La colocación de la mezcla a investigar es de mucha importancia ya que esta ayudara a sellar las grietas que se ubican en la capa de rodadura antigua, restaura la textura del pavimento, corrige el problema de disgregación; de la misma manera se la puede considerar como una capa de desgaste, para que la capa de rodadura prolongue su vida.

Adicionalmente el diseño de mezcla Slurry Seal Altiplánico en frio, representa un ahorro económico para el mantenimiento de las vías, la Municipalidad Provincial de Juliaca, debe considerar el uso de esta mezcla asfáltica.



Este tipo de tratamiento se emplea como capa de desgaste o de sello tapón por lo que no debe considerarse como parte estructural del pavimento.

El diseño de los emulsificantes han progresado enormemente y como consecuencia también han aparecido, tipos de emulsiones de rompimiento controlado y lento que permite abrir el tránsito en tiempos determinados.

En los últimos años por el intercambio de experiencias que se han realizado en la Internacional Slurry Surfacing Association (ISSA), se ha normalizado criterios, métodos de evaluación y diseño ya reconocidos en la (A.S.T.M.) American Society of Testing Materials, como método de prueba.

Usualmente varían los materiales para cada trabajo y es necesario realizar el diseño de cada mezcla en cada caso la granulometría y equivalente de arena son los factores que influyen en los resultados del diseño.

El presente trabajo de investigación es aplicado a conocer el comportamiento del diseño de mezcla Slurry Seal Altiplánico, con agregados provenientes de la cantera Isla rio Unocolla, para la rehabilitación de superficies de vías, cuyo resultado será mejorar la transitabilidad, serviciabilidad, seguridad y comodidad a los usuarios de la ciudad de Juliaca.

## **CAPITULO II**

### **II. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

A nivel internacional el uso de las emulsiones asfálticas para la construcción de carreteras en México durante el periodo de 1930 a 1935 causó varios retrasos en las obras debido al prolongado tiempo de rompimiento de la emulsión asfáltica y el constante clima lluvioso que predominaba en el sector. Por lo tanto fueron sustituidas por asfaltos rebajados. Las emulsiones asfálticas catiónicas aparecieron en Europa (1953) y en Estados Unidos (1958). Estas emulsiones se usaron inicialmente en la construcción de tratamientos superficiales, como riego de imprimación y de liga. Una vez conocidas las ventajas de las emulsiones catiónicas, se comenzó a realizar investigaciones para encontrar una emulsión de rompimiento lento y cuya afinidad con los materiales pétreos de granulometría cerrada sea buena; y así fácilmente construir carpetas o bases.

A nivel nacional el uso del Slurry Seal para el mantenimiento de vías es extensivo, por su durabilidad y economía, se han utilizado en diferentes proyectos y en diferentes regiones del país.

A nivel local, la carretera Putina - Sandía, está compuesto de superficie de rodadura Slurry Seal, desde el año 2010 hasta la actualidad, y viene comportándose en forma adecuada, cumpliendo con los parámetros establecidos en el expediente técnico diseñado.

En la actualidad se ha desarrollado un sistema preventivo, el cual consiste en la colocación de morteros asfálticos en caliente y frío, sobre las vías en estado de deterioro, permitiendo impermeabilizar la capa de rodadura actual y extender su durabilidad, en caso caliente ocasiona contaminación al medio ambiente.

Las causas de los defectos son de distinto origen y naturaleza; entre las que cabe destacar las siguientes:

- incremento de cargas circulantes y de su frecuencia con respecto a las previstas en el diseño original.
- Deficiencias en el proceso constructivo en la calidad real de los materiales.
- Elaboración deficiente de morteros asfálticos para la rehabilitación de vías.
- Factores climáticos regionales desfavorables (ejemplos: Elevación del nivel freático, inundaciones, lluvias prolongadas, insuficiencia de drenaje superficial o profundidad prevista).
- Deficiente mantenimiento por escasez de recursos económicos disponibles, equipo, maquinaria especializada y personal capacitado.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO**

#### **2.2.1.1 DEFINICIÓN DE SLURRY SEAL ALTIPLANICO EN FRIO**

Es una mezcla constituida por la combinación de uno o más agregados pétreos, con una emulsión asfáltica (que no es más que asfalto emulsionado en agua antes de ser mezclado con el agregado) y, eventualmente, agua. En este estado de emulsión el asfalto es menos viscoso y la mezcla es más fácil de trabajar y compactar. La emulsión romperá luego de que suficiente agua se haya evaporado y la mezcla en frío comienza a tener buena resistencia. Estas mezclas se efectúan con asfaltos líquidos y sin recurrir al calentamiento de los agregados.

#### **2.2.2. AGREGADOS.**

Los agregados son parte fundamental para la realización de la mezcla asfáltica, debido a que ocupan alrededor del 90% de todo el peso de la mezcla, permitiendo de esta manera tener una alta preponderancia en el comportamiento del mortero asfáltico.

Las pruebas a las cuales se deben someter los agregados son muy rigurosas, por lo cual se recomienda que los agregados deban ser 100% triturados, limpios, y libres de todo tipo de elementos, como por ejemplo, arcillas o químicos que interfieran con la colocación, adherencia y mesclado del mortero asfáltico.

Adicionalmente la granulometría y el equivalente de arena influyen directamente al momento de diseñar la mezcla asfáltica, ya que si los agregados tuvieran un valor alto de equivalente de arena, la mezcla no se desgastará rápidamente y de igual forma mejorará el desarrollo en las emulsiones de rompimiento controlado en frío.

### **2.2.3 ENSAYOS**

Es un procedimiento definitivo que produce un resultado de prueba considerada como operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de los materiales sometidos en laboratorio como parte de un experimento, a continuación se describen los ensayos considerados para determinar la calidad del agregado a utilizarse dentro de la mezcla.

#### **2.2.3.1 ENSAYO GRANULOMETRICO.**

El ensayo granulométrico conocido también como análisis mecánico del suelo, permite determinar jerárquicamente el tamaño de las partículas presentes en un suelo.

Existen dos métodos para el análisis del tamaño de estas partículas:

- Análisis con cribado (partículas mayores a 0,075 mm de diámetro)
- Análisis hidrométrico (partículas menores a 0,075 mm de diámetro).

Norma

Los agregados a utilizarse en la mezcla asfáltica Slurry Seal Altiplánico, deben cumplir con la norma INEN 696 y 697, AASHTO T-11 y T-27 o ASTM C-136.

Los parámetros a tomarse en cuenta para la granulometría de los agregados para el diseño del Slurry Seal, son proporcionados por el ISSA (International Slurry Surfacing Association); que a su vez se encuentran publicados en las ESPECIFICACIONES GENERALES MOP - 001 - F – 2002 y en TDM. (Tecnología de Materiales).

### Cuadro N° 01

#### Granulometría Slurry Seal Especificaciones

TAMAÑO DE TAMIZ	TIPO I % Pasante	TIPO II % Pasante	TIPO III % Pasante	TOLERANCIAS
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
N° 4 (4.75 mm)	100	90-100	70-90	+/- 5%
N° 8 (2.36 mm)	90-100	65-90	45-70	+/- 5%
N° 16 (1.18 mm)	65-90	45-70	28-50	+/- 5%
N° 30 (600 um)	40-65	30-50	19-34	+/- 5%
N° 50 (330 um)	25-42	18-30	12-25	+/- 4%
N°100 (150 um)	15-30	10-21	7 -18	+/- 3%
N°200 (75 um)	10-20	5 -15	5 -15	+/- 2%

Tabla N° 01 Granulometría Slurry Seal I, II y III (Fuente: libro de Especificaciones Generales MOP – 001 – F – 2002).

#### 2.2.3.2 ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA.

El ensayo de equivalente de arena se realiza con la finalidad de obtener un dato porcentual, dato que representa la proporción relativa de arcilla o contenido de finos perjudicial que contiene el agregado.

La presencia de arcilla dentro de la mezcla asfáltica es muy perjudicial al momento de la colocación del mismo sobre la vía, debido a que no habrá una adherencia adecuada junto con la capa de rodadura. Por esta razón es

necesaria la obtención del valor porcentual mediante la ejecución del ensayo de equivalente de arena.

#### Norma

El ensayo de equivalente de arena se basa en la norma ASTM D-2419 o AASHTO T-176. El valor obtenido después de la realización del ensayo, debe ser mayor al 45% para morteros asfálticos.

En el proceso del ensayo de equivalente de arena, se deben tomar 2 datos importantes. El primer dato, la lectura de suspensión, que consiste en tomar la distancia que existe desde la base de la probeta graduada de 15" (contiene los finos pasantes del tamiz #4 y la solución para el ensayo) hasta la parte superior de los finos en suspensión. El segundo dato, la lectura de sedimento, se lo consigue colocando una Barra estándar dentro de la misma probeta de 15", logrando un asentamiento del material y de esta manera se pueda tomar la distancia desde la base de la probeta.

Una vez obtenidos los dos valores, se usa la siguiente ecuación que determinará el porcentaje de equivalente de arena.

#### **2.2.3.3 ENSAYO DE ABRASIÓN**

El ensayo de abrasión permite determinar el porcentaje de desgaste que tienen los agregados, es decir, este ensayo determina el porcentaje de pérdida de la masa de la muestra con respecto a su masa inicial. Este porcentaje se lo obtiene con la ayuda de la máquina de los Ángeles.

El desgaste es una de las características principales del material que se usa en el Slurry Seal. Para ello la dureza de las piedras, su homogeneidad, carencia de grietas y grano uniforme del material, ayudarán a que este cumpla con los parámetros establecidos por las normas.

## Norma

Para este tipo de ensayo se utiliza la norma, AASHTO T-96 o ASTM C-131. Dentro de estas normas se debe ensayar el material con el método de tipo “C” o “D” que es para materiales pasantes de 3/8”.

El porcentaje para el agregado que se usa en la mezcla del mortero asfáltico Slurry Seal, luego de pasar por la máquina de los Ángeles, debe ser al 45% mínimo.

## Procedimiento

Luego de tomar una muestra representativa de todo el agregado, se realizará en el laboratorio el proceso detallado a continuación:

- Para cualquiera de los métodos que describe la norma, primero se debe lavar el material y secarle al horno por 24 horas a una temperatura constante. Adicionalmente se debe anotar el peso inicial de la muestra.
- Se coloca en la máquina de los Ángeles las esferas de acero según el tipo, 8 para el caso “C” o 6 para el caso “D”.
- La máquina de los Ángeles debe moverse a razón de 30 a 33 revoluciones por minuto, dando un total de 500 revoluciones.

Concluido el proceso, se saca la muestra de la máquina de los Ángeles, se la pasa por el tamiz N° 12 y se anota el valor del peso retenido, para luego, por diferencia de pesos obtener el porcentaje de resistencia a la abrasión del agregado.

### **2.2.3.4 ENSAYO DESGASTE A LOS SULFATOS.**

Este ensayo permite conocer la durabilidad del material, para ello se le somete a un agente químico, en este caso es el Sulfato de Sodio. Con la ayuda del sulfato de sodio se va a determinar luego de un proceso repetitivo, el porcentaje de desgaste que presenta el material.

Norma

El ensayo de desgaste a los sulfatos se basa en la Norma INEN 863, AASHTO T-104 o ASTM D-242. Los parámetros máximos de pérdida a cumplirse en la norma están entre el 15% al 20%

Este ensayo es conocido también como ensayo de durabilidad.

Procedimiento.

La realización del ensayo para el desgaste de los sulfatos se lo ejecuta tanto en agregados gruesos como en agregados finos, debido a que la mezcla contiene únicamente agregados finos, la toma de la muestra es la siguiente:

- Se pesa 100 gr. del pasante del tamiz 3/8" y retenido en el N° 4
- Se pesa 100 gr. del pasante del tamiz N° 4 y retenido en el N° 8.
- Se pesa 100 gr. del pasante del tamiz N° 8 y retenido en el N° 16.
- Se pesa 100 gr. del pasante del tamiz N° 16 y retenido en el N° 30.
- Se pesa 100 gr. del pasante del tamiz N° 30 y retenido en el N° 50.

#### **2.2.3.5 ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO**

El peso específico en términos prácticos no es más que la relación que existe entre el peso del agregado con el peso de agua, es decir, que este ensayo permite determinar la densidad del agregado, expresada en kg/m<sup>3</sup>. La principal ayuda que brinda el ensayo de peso específico es la de conocer que tan denso es un agregado y el posible uso en la obra.

El ensayo de peso específico se lo usa para agregados de tipo grueso, finos y en suelos comunes.

Norma

La norma AASHTO T-84 o ASTM C-128 es usada para determinar el peso específico en agregados finos. El valor de la densidad del agregado fino a



usarse en el proceso para la elaboración de la mezclas asfáltica Slurry Seal debe constar dentro del rango de 2,3 g/cm<sup>3</sup> a 2,7 g/cm<sup>3</sup>.

#### Procedimiento

- Se toma una muestra de 1000 gramos de material seco pasante del tamiz No 4.
- Se satura a la muestra durante 24 horas.
- Finalizado el tiempo de saturación, se procede a secar la muestra sin la ayuda de un horno (calor solar).
- Con la ayuda del cono y el martillo, se comprueba si el material se encuentra seco, de la siguiente manera:

#### **2.2.3.6 ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD.**

El contenido de humedad es la relación porcentual que existe entre el peso del agua que se encuentra dentro de la masa dada de un suelo y el peso de las partículas sólidas del mismo.

La determinación del porcentaje de humedad del agregado obtenido es importante ya que si éste valor es muy alto o muy bajo se deberá considerar al momento de realizar el diseño Slurry Seal Altiplánico, específicamente en la proporción del agua.

#### Norma

La norma referente al ensayo del contenido de humedad es la AASHTO T-93.

#### Procedimiento

- Anotar el peso vacío del recipiente donde se va a colocar la muestra (Wr).

- Para agregados finos se toma la muestra húmeda pasante del tamiz No.4
- Colocar la muestra húmeda en el recipiente y anotar su peso (W<sub>hr</sub>)
- Secar la muestra con el recipiente en el horno a 110oC hasta obtener la condición de peso constante.
- Por último se pesa el recipiente con la muestra seca (W<sub>dr</sub>)
- Para agregados finos el peso seco no debe variar en más de 0.1 gr.

#### **2.2.4 EMULSIONES**

##### **DEFINICIÓN.-**

Una emulsión es una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, no miscibles entre sí, como por ejemplo el látex natural o algunos aceites vegetales. Esta mezcla es posible gracias a la ayuda de un emulsificante, emulsionante o emulgente.

Las emulsiones son sistemas formados por dos fases: una es la fase continua (o dispersante) y la otra la fase dispersa (o discreta).

##### **2.2.4.1 EMULSIONES ASFÁLTICAS**

En el caso de emulsiones asfálticas, los líquidos no miscibles son el agua y el asfalto. Adicionalmente se tiene el emulgente o emulsificante el cual se deposita en la interface entre el agua y el asfalto con la finalidad de estabilizar a la emulsión asfáltica; esto también dependerá del tipo de emulsión que se demande.

##### **2.2.4.2 HISTORIA DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS**

A principios del siglo XX las emulsiones asfálticas aparecen en el mercado europeo. En el año de 1905, en la ciudad de Nueva York, las emulsiones aniónicas son aplicadas para la construcción de carreteras (camino cuya

capa de rodadura era únicamente material pétreo) con la finalidad de evitar el polvo al momento de circular los vehículos.

Posteriormente en el año de 1914, en el estado de Indiana, las emulsiones aniónicas son usadas para trabajos de reparación de caminos. Paralelamente, en la ciudad alemana de Hamburgo, se construyó una carpeta asfáltica con un tratamiento superficial de varias capas, empleando una emulsión estabilizada la cual reacciona activamente con la arcilla muy activa como emulgente.

Las emulsiones aniónicas se comenzaron a emplear en Europa en 1925. En la fabricación de éstas se aprovecharon los ácidos nafténicos contenidos en el asfalto para que actuaran como el agente emulsificante en el momento de agregar agua con soda cáustica al sistema y someterlo a una vigorosa agitación.

El uso de las emulsiones asfálticas para la construcción de carreteras en México durante el periodo de 1930 a 1935 causó varios retrasos en las obras debido al prolongado tiempo de rompimiento de la emulsión asfáltica y el constante clima lluvioso que predominaba en el sector. Por lo tanto fueron sustituidas por asfaltos rebajados. Las emulsiones asfálticas catiónicas aparecieron en Europa (1953) y en Estados Unidos (1958). Estas emulsiones se usaron inicialmente en la construcción de tratamientos superficiales, como riego de imprimación y de liga. Una vez conocidas las ventajas de las emulsiones catiónicas, se comenzó a realizar investigaciones para encontrar una emulsión de rompimiento lento y cuya afinidad con los materiales pétreos de granulometría cerrada sea buena; y así fácilmente construir carpetas o bases.

El conocimiento sobre las emulsiones catiónicas en países como México se lo hace en la década de los 60. Para 1973, los países árabes, poseedores de la mayoría del petróleo mundial, aumentaron el valor del barril de petróleo crudo resultando afectados los derivados del mismo, entre ellos los solventes empleados en los asfaltos rebajados; esto provocó un incremento en el uso

mundial de las emulsiones asfálticas. (ARENAS LOZANO, Hugo León. Tecnología del cemento asfáltico. Colombia, FAID, 1999).

#### **2.2.4.3 ORIGEN Y NATURALEZA DEL ASFALTO REFINACIÓN DEL PETRÓLEO**

El crudo de petróleo es refinado por el proceso de destilación. Durante el proceso las diferentes fracciones (productos) son separadas del crudo por medio de un aumento, en etapas, de la temperatura. Las fracciones livianas se separan por destilación simple. Los destilados más pesados, usualmente llamados gasóleos, pueden ser separados solamente mediante una combinación de calor y vacío. El asfalto puede ser producido usando destilación por vacío a una temperatura aproximada de 480°C (900°F). Esta temperatura puede variar un poco, dependiendo del crudo de petróleo que se esté refinando, o del grado de asfalto que se esté produciendo.

#### **2.2.4.4 REFINACIÓN DEL ASFALTO**

Diferentes usos requieren diferentes tipos de asfalto. Los refinadores de crudo deben tener maneras de controlar las propiedades de los asfaltos que producen, para que estos cumplan ciertos requisitos. Esto se logra, usualmente, mezclando varios tipos de crudos de petróleo antes de procesarlos. El hecho de poder mezclar permite al refinador combinar crudos que contienen asfaltos de características variables, para que el producto final posea exactamente las características solicitadas por el usuario.

Existen dos procesos por los cuales puede ser producido un asfalto, después de que se han combinado los crudos de petróleo: destilación por vacío y extracción con solventes.

Como se discutió anteriormente, la destilación por vacío consiste en separar el asfalto del crudo mediante la aplicación de calor y vacío. En el proceso de extracción con solvente, se remueven más gasóleos del crudo, dejando así un asfalto residual.

Una vez que los asfaltos han sido procesados, estos pueden ser mezclados entre sí, en ciertas proporciones, para producir grados intermedios de asfalto. Es así como un sulfato muy viscoso y uno menos viscoso pueden ser combinados para producir un asfalto de viscosidad intermedia.

En resumen, para producir asfaltos con características específicas, se usa el crudo de petróleo o mezclas de crudos de petróleo. El asfalto es separado de las otras fracciones del crudo por medio de destilación por vacío o extracción con solventes.

#### **2.2.4.5 CLASIFICACIÓN Y GRADOS DE ASFALTO (Gonzales Escobar 2007)**

Los asfaltos de pavimentación pueden clasificarse bajo tres tipos generales:

Cemento asfáltico

Asfalto diluido (o cortado) y Asfalto emulsionado

Los cementos asfálticos se clasifican en tres sistemas diferentes que son:

Viscosidad

Viscosidad después de envejecimiento

Penetración

Cada sistema contiene diferentes grados, cada uno con diferentes grados de consistencia.

Para este análisis, únicamente se tomará en cuenta la clasificación del cemento asfáltico por penetración.

#### **2.2.4.6 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL ASFALTO**

El asfalto tiene propiedades químicas únicas que lo hacen muy versátil como material de construcción de carreteras.

A pesar de que la composición química es ciertamente uno de los medios usados y más precisos para identificar las propiedades de cualquier sustancia, la relación entre la composición química del asfalto y su comportamiento en la estructura del pavimento es todavía incierta. Sin embargo, se hace una breve descripción de la química del asfalto. Básicamente, el asfalto está compuesto por varios hidrocarburos (combinaciones moleculares de hidrógeno y carbono) y algunas trazas de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos. El asfalto, cuando es disuelto en un solvente como el heptano, puede separarse en dos partes principales: asfaltenos y maltenos.

#### **2.2.4.7 COMPOSICIÓN DEL ASFALTO**

Los asfaltenos no se disuelven en el heptano. Los asfaltenos, una vez separados de los maltenos, son usualmente de color negro o pardo oscuro y se parecen al polvo grueso de grafito. Los asfaltenos le dan al asfalto su color y dureza.

Los maltenos se disuelven en el heptano. Son líquidos viscosos compuestos de resinas y aceites. Las resinas son, por lo general, líquidos pesados de color ámbar o pardo oscuro, mientras que los aceites son de color más claro. Las resinas proporcionan las cualidades adhesivas (pegajosidad) en el asfalto, mientras que los aceites actúan como un medio de transporte para los asfaltenos y las resinas.

Los asfaltenos cargan con la responsabilidad de las características estructurales y de dureza de los asfaltos, las resinas le proporcionan sus propiedades aglutinantes y los aceites la consistencia adecuada para hacerlos trabajables.

La proporción de asfaltenos y maltenos en el asfalto puede variar debido a un sinnúmero de factores, incluyendo altas temperaturas, exposición a la luz y al oxígeno, tipo de agregado usado en la mezcla del pavimento, y espesor de la película de asfalto en las partículas de agregado. Las reacciones y cambios que pueden ocurrir incluyen: evaporación de los compuestos más

volátiles, oxidación (combinación de moléculas de hidrocarburo con moléculas de oxígeno), polimerización (combinación de dos o más moléculas para formar una sola molécula más pesada), y otros cambios químicos que pueden afectar considerablemente las propiedades del asfalto. Las resinas se convierten gradualmente en asfáltenos, durante estas reacciones, y los aceites se convierten en resinas, ocasionando así un aumento en la viscosidad del asfalto.

#### **2.2.4.8 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO**

Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son:

#### **2.2.4.9 ASFALTO**

El asfalto (aglutinante), cuyo nombre completo es cemento asfáltico tiene varias presentaciones, y para el caso, es la conocida como asfalto emulsionado o más comúnmente llamado emulsión asfáltica. Sus especificaciones las da la norma ASTM D- 2397.

El asfalto emulsionado es una mezcla de cemento asfáltico, agua y un agente emulsificante. Estos tres constituyentes se alimentan simultáneamente en un molino coloidal para producir glóbulos muy pequeños (5 a 10  $\mu$ ) de cemento asfáltico, que se suspenden en agua. El agente emulsificante imparte las cargas eléctricas (catiónicas o aniónicas) a la superficie de las partículas del asfalto, lo que las hace repelerse entre sí; de esta manera las partículas de asfalto no coalescen. El asfalto emulsificado producido de esta manera es bastante estable y podría tener una vida de anaquel de varios meses.

Está constituido por una fase acuosa y un ligante hidrocarbonado. Este se ve sometido en el proceso de fabricación, a esfuerzos de laminación y cizalla hasta conseguir que se establezca una dispersión del ligante en el medio acuoso. En el caso particular de las emulsiones asfálticas, el medio acuoso está compuesto por agua y un emulgente. Para que este emulgente se disuelva en el agua es necesario saponificarlo, esto se logra, dependiendo si

el emulgente es ácido o básico, con la adición de un ácido o un hidróxido, según corresponda.

Desde el punto de vista físico-químico, una emulsión es una dispersión, más o menos estable, de un líquido en otro no miscible.

#### 2.2.4.10 **CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS**

Por el tipo de emulsificante las emulsiones se dividen en tres categorías:

- a) Aniónicas
- b) Catiónicas
- c) No iónicas

En la práctica las dos primeras son usadas ordinariamente en la construcción y mantenimiento vial. Las no iónicas sin embargo, pueden llegar a ser más ampliamente usadas con el avance de las tecnologías de las emulsiones.

Las clases aniónicas y catiónicas se refieren a las cargas eléctricas que rodean las partículas de asfalto. Este sistema de identificación se deriva de una de las leyes básicas de electricidad: cargas del mismo signo se repelen y cargas contrarias se atraen. Cuando dos polos (un ánodo y un cátodo) se sumergen en un líquido a través del cual fluye una corriente eléctrica, el ánodo se carga positivamente y el cátodo negativamente. Si se pasa una corriente a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto negativamente cargadas éstas migrarán hacia el ánodo. La emulsión, entonces, se denomina aniónica.

Inversamente partículas de asfalto positivamente cargadas se moverán hacia el cátodo y la emulsión se conoce como catiónica. Con emulsiones no iónicas, las partículas de asfalto son neutras, y por consiguiente no migrarán hacia los polos.



Las emulsiones se clasifican también en base a qué tan rápidamente el asfalto puede sufrir coalescencia, es decir, velocidad de rotura con la cual vuelve a ser cemento asfáltico. Los términos RS, MS y SS han sido adoptados para simplificar y normalizar esta clasificación. Fuente: Instituto del Asfalto, MS-1, 1991.

Son sólo términos relativos y significan rotura rápida (rapid-setting), rotura media (medium-setting) y rotura lenta (slow-setting). La tendencia a coalescer está estrechamente relacionada con la capacidad de mezcla de una emulsión. Una emulsión RS tiene escasa o ninguna habilidad para mezclar con un agregado, una emulsión MS se espera que mezcle con agregados gruesos pero no con finos, y una emulsión SS está diseñada para mezclar con agregados finos.

Las emulsiones se subdividen adicionalmente según secuencias de números relacionados con la viscosidad de las emulsiones y dureza de los cementos asfálticos de base. La letra "C" al frente del tipo de emulsión significa catiónica. La ausencia de la "C" significa aniónica o no iónica. Por ejemplo RS-1 es aniónica o no iónica y CRS-1 es catiónica.

Se han adicionado a las normas ASTM, tres grados de emulsión aniónica de alta flotación y rotura media, que se denomina HFMS. Estos grados se utilizan principalmente en mezclas en plantas frías y calientes, riegos de sellado de agregados gruesos y mezclas en vía. Las emulsiones de alta flotación tienen una cualidad específica que permite películas de cubrimiento más gruesas sin riesgos de escurrimiento.

Se ha desarrollado un tipo de emulsión de rotura veloz (QS) para las lechadas asfálticas. Su uso está creciendo rápidamente debido a que la exclusiva característica de rotura veloz soluciona uno de los mayores problemas asociados con el uso de las lechadas asfálticas.

#### **2.2.4.11 COMPOSICION DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS**

Básicamente las emulsiones asfálticas están compuestas de los siguientes componentes:

- Cemento Asfáltico
- Agua
- Emulsificante
- Aditivo

#### 2.2.4.12 CEMENTO ASFÁLTICO

El cemento asfáltico es el componente principal de la emulsión debido a que ésta ocupa entre un 55% a 70% del total de la misma. El correcto funcionamiento del cemento asfáltico dentro del proceso de la elaboración de la emulsión se debe a que ésta tiene que cumplir algunas particularidades de tipo físico-químicas. En la práctica se recomienda que el cemento asfáltico muestre las siguientes características:

- El estado coloidal debe ser de tipo sólido y solido-gel.
- El rango porcentual de contenido de asfáltenos: 18% - 26%
- El rango porcentual de contenido de resinas: 30% - 42%
- El rango porcentual de contenido de aceites: 44% - 50%
- El porcentaje de contenido de resinas cálcicas cíclicas aromáticas es el 15% del contenido de resinas.
- El contenido de parafinas debe ser bajo.
- El contenido de ácidos nafténicos debe ser alto, es decir, el índice de acidez debe ser mayor a 1.0
- El índice de penetración debe estar en el rango de -1 a +1.
- Bajo contenido de sal.

#### 2.2.4.13 **EL AGUA**

El agua es el principal componente al momento de determinar la consistencia de la mezcla. Está presente en tres formas:

- Como humedad contenida en los agregados
- Como agua de mezcla
- Como uno de los dos componentes que se encuentra en mayor cantidad dentro de la elaboración de la mezcla asfáltica.

La cantidad de agua en la mezcla es determinante, por ejemplo, si la cantidad de agua es muy alta (12%), provocará una segregación ya que la mezcla se encuentra muy fluida; en cambio si la cantidad de agua es baja, la mezcla asfáltica perderá la cohesión con el pavimento existente.

El agua no se lo somete a ensayos de laboratorio, lo único que se tiene que tomar en cuenta es el control de la presencia de minerales, como calcio o magnesio ya que estas afectan sus propiedades químicas.

#### 2.2.4.14 **EI EMULSIFICANTE**

El emulsificante dentro de la mezcla asfáltica ocupa un bajo porcentaje pero a pesar de ello su función es muy importante, ya que el emulsificante se encarga de estabilizar y evitar la coalescencia de la emulsión, esto es, no permite que los glóbulos del asfalto se unan permitiendo estabilidad para la emulsión. Además el emulsificante permite el rompimiento oportuno y cambia la tensión superficial en el área de contacto con el agregado.

Los emulsificantes están compuestos generalmente por un radical alquilo R el cual es hidrofóbico (miedo al agua) y un componente hidrofílico, que se encuentran saponificados y con el contacto con el agua se disocian, quedando con cargas negativas o positivas según el tipo de emulsificante.

#### 2.2.4.14.1 EMULSIFICANTES ANIONICOS

Los emulsificantes aniónicos son sales sódicas o potásicas de ácidos orgánicos en su parte hidrofílica, con carga eléctrica negativa; éstos tienen como fórmula general: R-COONa.

Las moléculas de los jabones, al disolverse en el agua se ionizan dando como resultado:



De donde:

R-COO<sup>-</sup> = número de aniones.

COO<sup>-</sup> = es el grupo carboxilato, el cual se dirige a la parte hidrofílica. R = es el radical alkilo, el cual se queda en la parte hidrofóbica.

Na<sup>+</sup> = número de cationes.

#### 2.2.4.14.2 EMULSIFICANTES CATIONICOS

Los emulsificantes catiónicos son productos de la reacción química entre ácidos inorgánicos fuertes, como el ácido clorhídrico, con aminas grasas, con carga eléctrica positiva; éstos tienen como fórmula general: R-NH<sub>3</sub>Cl.

Cuando este tipo de emulsificantes se disuelven en el agua, éstas se ionizan dando como resultado:



NH<sub>3</sub><sup>+</sup> = es el grupo amino, el cual se dirige a la parte hidrofílica. R = es el radical alkilo, el cual se queda en la parte hidrofóbica. Cl<sup>-</sup> = número de aniones.

#### 2.2.4.15 CLASIFICACION DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulsificante que ha sido usado. En este caso existen dos tipos, aniónicas y catiónicas:

##### Emulsiones Aniónicas

El agente emulsificante en este tipo de emulsiones le confiere una polaridad negativa a los glóbulos, es decir, que éstos adquieren una carga negativa.

##### Emulsiones Catiónicas

El agente emulsificante en este tipo de emulsiones le confiere una polaridad positiva a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

Las emulsiones asfálticas también se pueden clasificar de acuerdo a su estabilidad, éstas pueden ser de:

##### Rompimiento Rápido

Estas se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (con excepción de la emulsión conocida como ECR-60), la cual no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas. Sus siglas en ingles son RS que significan Rapid setting.

##### De Rompimiento Medio

Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al 2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, re nivelaciones y sobre carpetas. Sus siglas en ingles son MS que significan Medium setting.

### De Rompimiento Lento

Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas. Sus siglas en inglés son SS que significan Slow setting.

### Emulsiones para Impregnación

Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.

### Emulsiones Súper Estables

Estas se emplean en la estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos. (ARENAS LOZANO, Hugo León. Tecnología del cemento asfáltico Colombia, FAID, 1999).

#### **2.2.4.16 FABRICACION DE LAS EMULSIONES.**

Las plantas de emulsiones permiten la fabricación de las emulsiones asfálticas, éstas pueden ser continuas o discontinuas. El proceso de fabricación consiste en hacer pasar una disolución de emulgente y cemento asfáltico a una temperatura adecuada a través de un molino helicoidal, elemento principal que permite la dispersión del asfalto en el agua.

La planta de emulsión está conformada de los siguientes componentes:

- Un sistema de almacenamiento para lo que respecta a los materiales que formaran parte de la emulsión.
- Un sistema de bombas y tuberías que ayudaran en la función de trasvase e incorporación, mezcla y dosificación de los componentes.
- Un sistema de calentamiento, compuesto por quemadores de petróleo o fuel oil, vapor de agua, aceite térmico o energía solar.
- Un sistema de fabricación de emulsión, el cual consta de homogenizadores, difusores y molinos coloidales. La principal función de este

sistema es la de cortar o dividir (mediante el procedimiento de desintegración mecánica) a los glóbulos de asfalto hasta el tamaño coloidal.

- Entre los varios equipos que pueden ser usados para desintegrar mecánicamente a los glóbulos de asfalto tenemos: turbo-mescladores, molinos de cono, difusores y agitadores. (ARENAS LOZANO, Hugo León. Tecnología del cemento asfáltico. Colombia, FAID, 1999).

#### 2.2.4.17 DEFINICIÓN DEL PAVIMENTO.

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del Usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado sub rasante, (AASHTO, 1986)

Clasificación de Pavimentos, se pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

- a) Pavimento flexible
- b) Pavimento rígido
- c) Pavimento híbrido

Pavimento Flexible, También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de sub base, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la sub rasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas, (Montejo, 2006).

Pavimento Rígido, El pavimento rígido o pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo.

Esta losa va sobre la base (o sub base) y ésta sobre la sub rasante. Este tipo de pavimentos no permite deformaciones de las capas inferiores, (Montejo, 2006).

Pavimento Híbrido, Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan adoquines de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido.

#### **2.2.4.18 ENSAYOS A REALIZAR A LA EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1**

Los ensayos de laboratorio se realizan para medir ya sea el desempeño u otras características de composición, consistencia y estabilidad del material. El propósito de los ensayos es proveer datos para establecer los requisitos de especificación, también para controlar la calidad y uniformidad del producto durante la fabricación y uso, finalmente para predecir y controlar el manejo, almacenaje y las propiedades de desempeño en campo de las emulsiones. Las emulsiones asfálticas se clasifican en catiónicas y aniónicas. Los ensayos están diseñados para medir distintas propiedades a las emulsiones y a los residuos de la emulsión (asfalto residual).

#### **2.2.4.19 MUESTREO DE EMULSIONES (AASHTO T 40 o ASTM D140)**

El propósito es obtener muestras representativas para poder caracterizarlas y que den a conocer las condiciones reales y la naturaleza de la emulsión asfáltica. El procedimiento estándar para el muestreo se describe en los métodos AASHTO T 40 o ASTM D 140 “Práctica estándar para el muestreo de materiales bituminosos”.

Es preferible obtener las muestras en el punto de producción, manufactura o almacenamiento. Los contenedores deben ser recipientes metálicos con tapa de sello por presión, o botellas de apertura ancha hechas de plástico, de tapa de rosca. Generalmente se utilizan contenedores de 4 litros (1 galón).



#### **2.2.4.20 VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL A 25 GRADOS (ASTM D 2397 o D 244-22/24)**

La viscosidad es la resistencia al flujo de los fluidos y es una propiedad que afecta su utilización. La viscosidad se mide con el viscosímetro de Saybolt Furol. El resultado del ensayo se reporta en segundos. Además el ensayo se realiza a dos temperaturas: 25°C y 50°C.

Representa una característica fundamental para la técnica de carreteras (Fernández del Campo, J. A. 1983).

Sirve para conocer la consistencia de los materiales asfálticos mediante sus características de flujo a una temperatura de 135°C para los cementos y de 25 y 50°C para las emulsiones, pudiéndose hacer a otras temperaturas, con el propósito de estudiar la susceptibilidad al calor de los materiales asfálticos y determinar las viscosidades apropiadas para su utilización, es decir, que tan manejable es a dichas temperaturas.

La prueba consiste en determinar el tiempo que tardan en pasar 60 cm<sup>3</sup> del material a probar a través de un orificio Furol, instalado en un tubo de viscosidad Saybolt, bajo condiciones de carga y temperatura pre-establecidas.

#### **2.2.4.21 RESIDUOS DE LA DESTILACIÓN Y ACEITE (ASTM D 244-8)**

La destilación se utiliza para separar el agua del asfalto. Si el asfalto contiene aceite, este se separará junto con el agua. Se pueden medir las proporciones relativas de ligante asfáltico, agua y aceite. Como el asfalto se recupera se le pueden hacer ensayos adicionales al residuo para determinar las propiedades físicas del asfalto obtenido.

El objeto de este ensayo es el conocimiento cuantitativo del betún, agua y fluidificantes que contiene la emulsión. Además de esta información, sus resultados dan una idea de la volatilidad de los fluidificantes empleados (Fernández del Campo, J. A. 1983).

Como resultado del ensayo se obtienen los porcentajes de residuo asfáltico, de fluidificantes y de agua referidos al total de la emulsión.

No es necesario insistir sobre la importancia de la información suministrada por este ensayo y baste considerar que el contenido en betún tiene relación con algunas características de la emulsión: viscosidad, sedimentación, etc. Asimismo, la cantidad y volatilidad de los fluidificantes determinarán el comportamiento de la emulsión tanto durante su etapa de puesta en obra como en la posterior de curado.

#### **2.2.4.22 ESTABILIDAD DE ALMACENAMIENTO (ASTM D244)**

El ensayo indica la habilidad de la emulsión para mantenerse como una dispersión uniforme durante el almacenaje. Se detecta la tendencia de los glóbulos a asentarse en un período de tiempo de 24 horas. También se puede realizar el ensayo para un período de tiempo de 5 días.

#### **2.2.4.23 SEDIMENTACIÓN (ASTM D 244-29/32)**

A través de este ensayo se determinan los cambios en la concentración de ligante que tiene lugar a diferentes alturas del tanque en que se encuentra almacenada la emulsión.

Los valores de sedimentación son, de acuerdo con la ley de Stokes, directamente proporcionales al tamaño de la micela y a la diferencia de densidades entre las fases continua y discontinua, e inversamente proporcionales a la viscosidad de la fase continua.

En aquellas emulsiones en que se presentes valores altos de sedimentación, originados por alguna de las razones apuntadas en el párrafo anterior, es posible que se trate, en razón de las características de la emulsión, de una simple floculación recuperable por simple agitación, o bien que esta floculación vaya seguida de una coalescencia y, por tanto, de que el proceso sea irreversible.

El ensaye de sedimentación indica la tendencia de las partículas de asfalto a perder la estabilidad, durante el almacenamiento de la emulsión. Detecta la propensión de los glóbulos de asfalto a sedimentar durante el almacenamiento. Este ensayo sirve también como indicador de la calidad de la emulsión aun cuando ésta no sea almacenada. Una falla en el ensaye de sedimentación indica que algo anda mal en el proceso de emulsificación.

- Se colocan 2 muestras de 500 ml en sendos tubos de vidrio graduados
- Se les deja descansar o reposar tapados, durante 5 días, en un lugar donde no sufra golpes ni vibraciones.

Luego se toman pequeñas muestras de las partes superior e inferior de cada tubo Se coloca cada muestra en un recipiente y se pesa.

#### **2.2.4.24 CARGA DE PARTÍCULAS DE PRUEBA (ASTM D-244)**

Es utilizado para identificar emulsiones catiónicas. Para su realización, se sumergen, en una muestra de la emulsión, un electrodo positivo (ánodo) y un electrodo negativo (cátodo) se conectan ambos a una fuente eléctrica de corriente continua controlada.

Finalizado el ensayo, se observan los electrodos para determinar si en el cátodo se ha depositado una apreciable capa de asfalto. De ser así, se trata de una emulsión catiónica.

#### **2.2.4.25 ENSAYOS AL RESIDUO DE ASFALTO (ASTM T 49)**

Al residuo de asfalto también se le realizan varias pruebas que también se le realizan al asfalto original, como el ensayo de gravedad específica AASHTO T288 o ASTM D 70, que es un dato que se utiliza para realizar correcciones a las medidas volumétricas a distintas temperaturas.

Otro ensayo es la medición de la penetración AASHTO T 49 o ASTM D 5, que es una medida de la dureza del residuo de asfalto a 25°C, en la muestra del residuo se introduce una aguja con un peso estándar de 100 g durante 5 segundos. La penetración es la distancia que la aguja penetró en la muestra.

#### **2.2.4.26 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS PARA LA EMULSIÓN ASFÁLTICA VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL A 25 GRADOS (ASTM D-2397 o D 244-22/24)**

Por conveniencia y precisión se usan dos temperaturas de ensaye, las cuales cubren el rango de trabajo. Estas temperaturas son 25°C y 50°C (77 ó 122°F). Su elección depende de las características viscosas de la emulsión, según su tipo y grado.

- Para hacer el ensayo a 25°C se calienta una muestra hasta la temperatura de ensayo.
- Se revuelve cuidadosamente
- Se le vuelca a través de un colador en un tubo normalizado que tiene un orificio tapado.
- Se saca luego el tapón y se mide el tiempo que tardan en salir 60 ml de asfalto

Este intervalo de tiempo, medido en segundos, es la viscosidad Saybolt-Furol. Es obvio que cuanto más viscoso es el material, mayor es el tiempo que necesita un determinado volumen para fluir por el orificio. Por lo tanto, un incremento en el número de viscosidad indica un aumento en la viscosidad de la emulsión.

- Para el ensayo a 50°C, se debe calentar la muestra a  $50 \pm 3^\circ\text{C}$  Se le vuelca, colocándola en el tubo
- Se le lleva a la temperatura de ensayo Se saca el tapón
- Se cronometra el tiempo, como ya se describió antes.

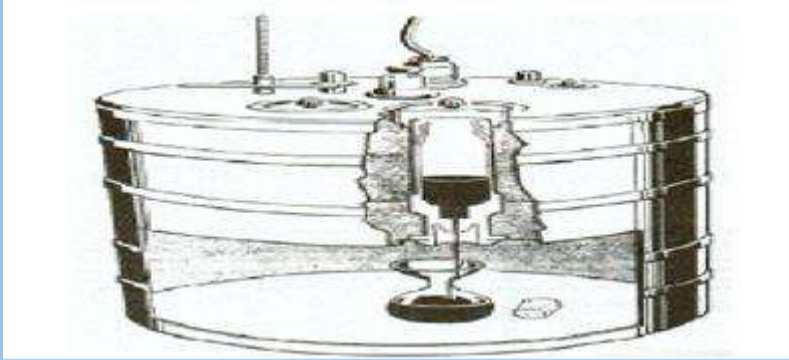


Figura N° 01 Ensayo de Viscosidad Saybolt

#### 2.2.4.27 RESIDUOS DE LA DESTILACIÓN Y ACEITE (ASTM D 244-8)

El ensayo de destilación se usa para determinar las proporciones relativas de cemento asfáltico y agua presentes en la emulsión. Algunos grados de asfalto emulsificado, también contienen aceites; la destilación entrega información acerca de la cantidad de este material en la emulsión. También este ensayo permite analizar el residuo mediante ensayos adicionales como penetración, solubilidad y ductilidad, que son descritos en los cementos asfálticos.

La destilación se realiza aumentando la temperatura hasta llegar a 260°C la cual debe mantenerse durante 15 minutos, es importante mencionar que la emulsión casi nunca se trabaja a esta temperatura por lo que es recomendable cambiar la temperatura y el tiempo del ensayo, pues se pueden afectar las propiedades físicas del residuo de asfalto envejeciéndolo.

El procedimiento de ensaye es muy similar al descrito para asfaltos cortados.

- Una muestra de 200 g de emulsión destilada a 260°C
- La diferencia al destilar una emulsión es que se usa un recipiente de hierro y anillos quemadores en vez de un matraz de vidrio y mechero Bunsen.

El equipo está diseñado para evitar los problemas que pueden originarse con la formación de espuma al calentar la emulsión.

#### **2.2.4.28 ENSAYO DE DESTILACIÓN PARA EMULSIONES ASFÁLTICAS**

La temperatura final de destilación de 260°C se mantiene durante 15 minutos con el objeto de obtener un residuo homogéneo.

Los grados medio y rápido de las emulsiones catiónicas pueden incluir aceite en el destilado, cuya cantidad máxima está limitada por especificaciones. El material destilado, se recibe en una probeta graduada, incluye tanto el agua como el aceite presentes en la emulsión. Ya que estos dos materiales se separan, las cantidades de cada uno de ellos pueden determinarse directamente en la probeta graduada.

#### **2.2.4.29 PRUEBA DE ABRASION BAJO AGUA (WTAT)**

Esta prueba determina la resistencia al desgaste por abrasión de un mortero asfáltico simulando una superficie del pavimento saturada por agua, es decir, que con las muestras a ensayarse se simula las condiciones de un vehículo cruzando y frenando sobre pavimento mojado.

Mediante esta prueba se definen los valores mínimos de emulsión asfáltica necesarios para obtener una mezcla con suficiente cohesión como para resistir la acción abrasiva del tráfico.

Norma

La norma a seguir para el ensayo de abrasión bajo el agua es la ISSA TB 100.

Procedimiento:

Para la elaboración de las muestras se debe tomar 800gr a peso constante del agregado que pase por el tamiz No 4. Una vez obtenido el agregado, se prepara varias muestras a diferentes contenidos de emulsión y agua. Cada muestra curada es colocada en aros de 6 a 10 mm., de espesor (dependiendo del tipo de Slurry Seal que se desea ensayar) por 280 mm., de diámetro.



Figura 02 y 03, muestra para determinar la abrasión en húmedo

- Secar a peso constante las muestras a 60°C en el horno por mínimo 15 horas.
- Ya curada la muestra, se la pone a enfriar a temperatura ambiente para poder obtener su peso P1



Figura 04 y 05, muestra curada y enfriada a temperatura ambiente

- Poner la muestra en inmersión entre 60 a 75 minutos en agua a la temperatura de 25oC
- Ensayar la muestra en inmersión con el agua a 25oC, en el aparato de abrasión durante 5 minutos.



*Figura 06 Ensayo de abrasión en húmedo (Ensayo de muestras).*

- Después se lava con el fin de quitar la arena suelta y secar la muestra a peso constante en el horno a 60oC, para posteriormente a temperatura ambiente obtener el peso de la muestra P2.



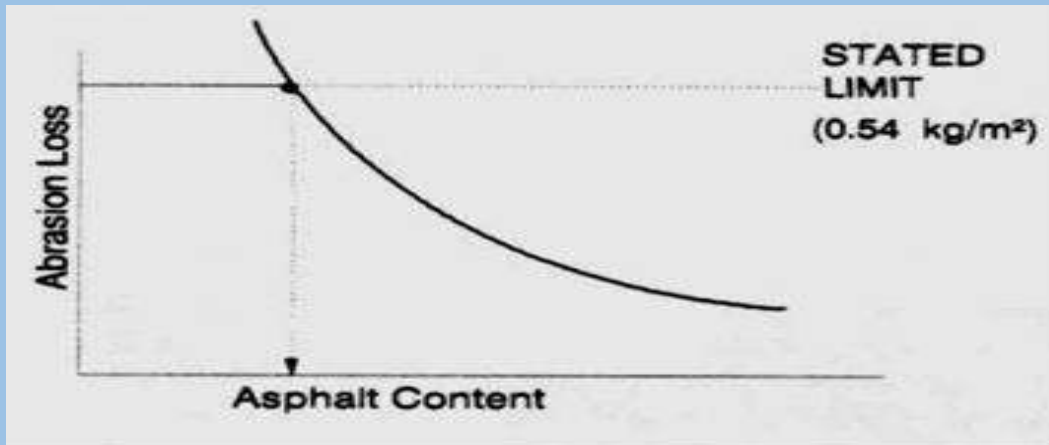
*Figura 07 Obtención del peso de la muestra P2.*

- La pérdida de peso máxima permitida para una hora y seis días, son 540gr/m<sup>2</sup> y 800gr/m<sup>2</sup>, respectivamente.



Procesamiento de datos:

Con los datos obtenidos de cada una de las muestras se grafica una curva, donde el porcentaje de emulsion asfáltica va en las abscisas y en las ordenadas va el valor del factor de abrasión o pérdida de abrasión como se muestra en la figura 3.14.



*Figura N° 08 Contenido mínimo de asfalto por la prueba de abrasión bajo agua (fuente: Surface Rehabilitation Technique U.S.*

Recomendaciones:

Los materiales que forman parte de la muestra deben ser mezclados al menos por 3 minutos.

El tiempo de mezclado de la muestra debe ser al menos de 3 minutos con la finalidad de que esta se encuentre homogénea.

Al momento de colocar la mezcla del mortero asfáltico dentro del aro, se debe repartir uniformemente dentro de la misma con la ayuda de un hule limpia vidrios.

El aro debe ser sacado después de un minuto.

El factor para el cálculo de la pérdida por abrasión depende de la máquina que se está usando.

De acuerdo a la norma a seguir para el ensayo de abrasión bajo el agua, es la ISSA TB 100.

#### 2.2.4.30 PRUEBA DE LA RUEDA CARGADA O (HAMBURGO)

La prueba de la rueda cargada determina el contenido máximo de emulsión asfáltica para morteros asfálticos por la medición de adhesión de arena en muestras sujetas a la simulación de cargas pesadas bajo la acción de una rueda, además de medir desplazamientos laterales por el mismo efecto (micro pavimentos).

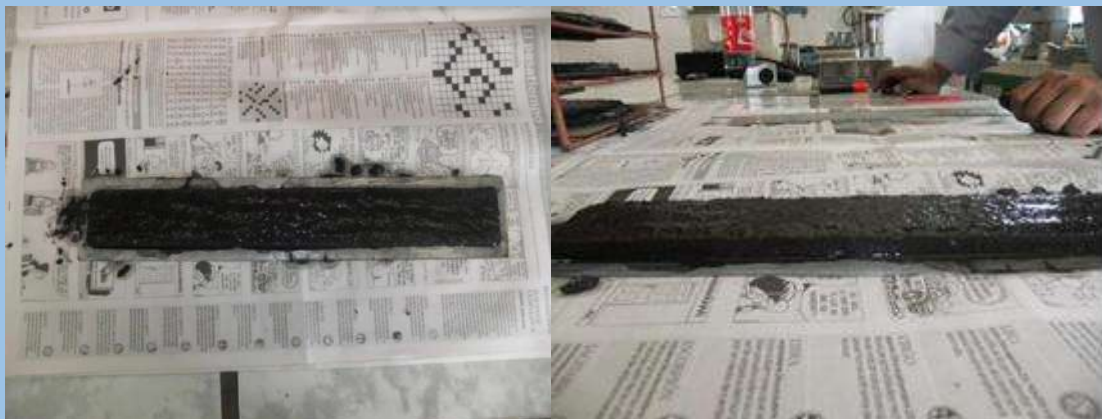
Norma:

La norma para el desarrollo de la prueba de la rueda cargada es la ISSA TB 109.

Procedimiento:

- La mezcla asfáltica de cada muestra debe realizarse con 300gr de agregado.
- Preparar varias muestras a diferentes contenidos de emulsión y agua.

Cada muestra es colocada en rectángulos de 50mm de ancho por 375mm de longitud y de un espesor deseado; generalmente es el 25% más grueso que la partícula más grande.



*Figura N°09 Muestras para ensayo de la rueda cargada*

- Dejar curar las muestras a peso constante en un horno a 60°C por 12 horas.
- Colocar la muestra en la máquina, la misma que va a ser compactada con una carga 57kg por 1000 ciclos a 25°C.



*Figura N° 10 Equipo para ensayo de la rueda cargada*

- Retirar la muestra de la máquina y lavarla para posteriormente ser secada
- en el horno a peso constante a 60oC. Obtener el peso P1.
- Calentar 200gr de arena de Ottawa a 82oC y verterlo sobre la muestra.
- Volver a colocar la muestra con la arena de Ottawa en la máquina y someterla a 100 ciclos.
- Retirar la muestra de la máquina y limpiar con cuidado las partículas sueltas con un cepillo suave y obtener el peso P2.



*Figura N° 11 prueba de la rueda cargada (muestras ensayadas)*

- Calcular la diferencia de pesos, para así obtener la cantidad de gramos de arena adherida a la muestra.
- El valor máximo de adhesión de arena es de 540gr/m<sup>2</sup>.

Procesamiento de datos:

Con los datos obtenidos de cada una de las muestras se grafica una curva, donde el porcentaje de emulsión asfáltica va en las abscisas y en las ordenadas va el valor de adhesión de arena como se muestra en la figura

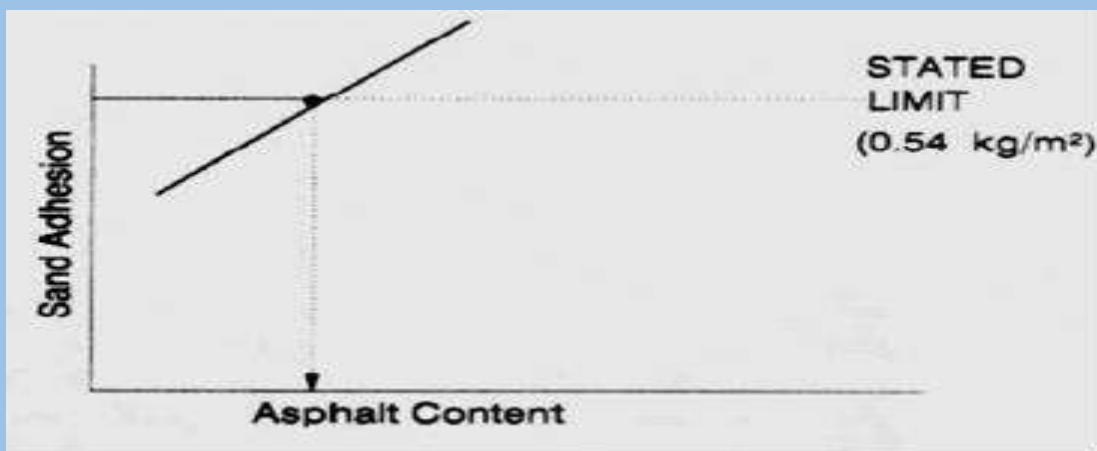


Figura N° 12 Contenido máximo de asfalto por la prueba de la rueda cargada (Fuente: Surface Rehabilitation Techniques U.S. Department of Transportation)

Determinación gráfica del contenido de emulsión asfáltica

Se superponen los gráficos de la prueba de abrasión bajo agua y de la rueda cargada; se traza una horizontal en valor de peso según la especificación se interseca con las dos curvas y se proyectan verticales, finalmente el resultado será el promedio de los dos valores más el 3% de la diferencia.

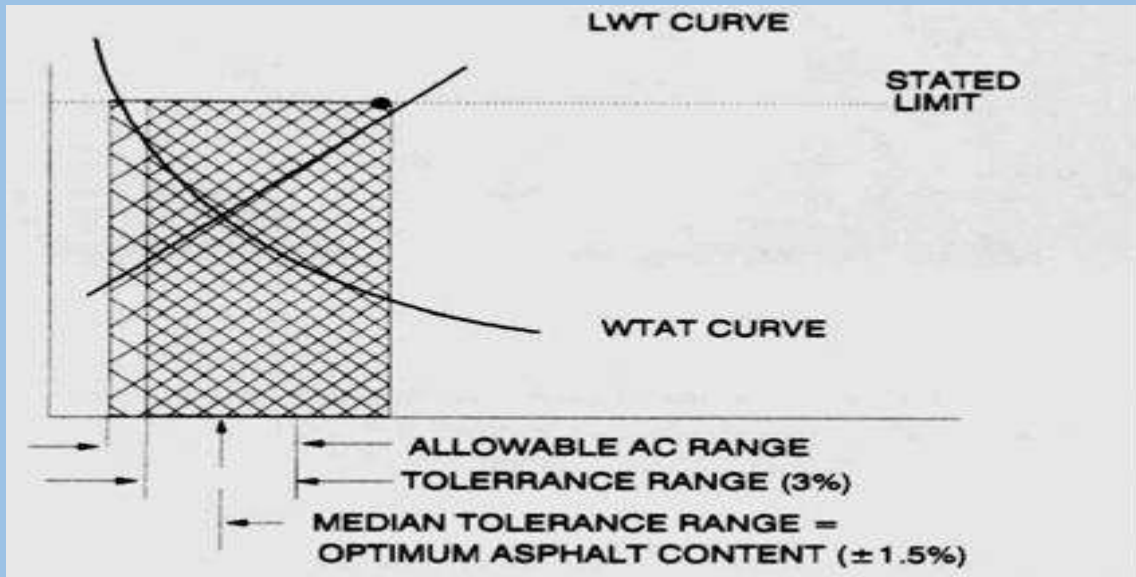


Figura N° 13 Determinación del contenido óptimo de asfalto combinando las curvas de prueba de abrasión bajo agua y de la rueda cargada. (Fuente: Surface Rehabilitation Techniques U.S Department of Transportation)

#### 2.2.4.31 ENSAYO DE CONSISTENCIA, CON EL CONO, PARA MORTEROS ASFALTICOS. (CONSIDERARLO PARA EL CONTROL DE CALIDAD)

Este ensayo permite determinar la cantidad óptima de agua que debe poseer el mortero asfáltico para que tenga un adecuado desempeño al momento de ser aplicado sobre la vía en tratamiento.

Norma:

La norma a seguir para el ensayo de contenido de humedad óptimo es la ISSA TB 106.

Procedimiento:

- Previa a la elaboración de las muestras se debe secar el agregado en una estufa a 105°C hasta peso constante.
- Cada muestra debe contener 400gr de agregado y el número a prepararse dependerá de los resultados que se vayan obteniendo en el ensayo.

- Preparar varias muestras con el contenido óptimo calculado de emulsión asfáltica y a diferentes contenidos agua.
- El tiempo de mezcla de cada muestra debe ser entre 1 a 3 minutos hasta obtener una amasada homogénea.
- El cono de absorción de arena que se describe en la norma ASTM C 128 o la AASHTO T 84 se centra en la hoja impresa de escala de flujo (ver la figura 3.21)

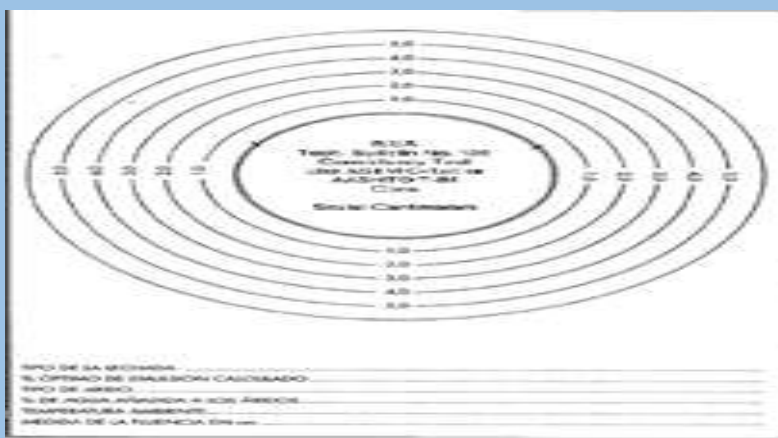


Figura N° 14 Hoja de escala de flujo para la prueba del cono (Fuente: ISSA TB 106)

La muestra se vierte suavemente en el interior del cono por la abertura superior con ayuda de una espátula, hasta un ligero exceso; se enrasa a continuación y seguidamente se levanta el molde con un rápido movimiento vertical.



Figura N° 15 Prueba del cono

- Una vez retirado el molde se deja que la mezcla fluya libremente sobre la base graduada, hasta que deje de extenderse.
- La fluencia alcanzada por la mezcla se mide en 4 puntos de la escala de círculos de la base graduada, separados entre sí 90°, y con una aproximación de 0,25cm.

Resultados:

- El resultado del ensayo es el valor medio de las cuatro lecturas realizadas con un margen de error de  $\pm 0,5$  cm.
- Se considera que el contenido óptimo de agua es aquel que proporciona al mortero asfáltico una consistencia de 2.5cm, con límites entre 1.9 y 3.0 cm.

#### 2.2.4.32 PRUEBA DE MESCLADO MANUAL

Esta prueba es considerada como, una “previa” al diseño del mortero asfáltico, ya que ésta prueba mediante pequeñas muestras de Slurry Seal a diferente porcentaje de agua y emulsión asfáltica permite visualizar claramente si hay o no compatibilidad entre los materiales. Adicionalmente, determina el tiempo mínimo de mesclado de las muestras para que lleguen al estado de rotura; y según las condiciones climáticas que presente el proyecto el laboratorista podrá escoger la muestra más adecuada para iniciar su diseño.

Norma

La norma a seguir para el desarrollo de la prueba de mesclado manual es la ISSA TB 113.

Procedimiento

- Previa a la elaboración de las muestras, el agregado debe ser secado a peso constante en el horno a 60°C durante 15 horas.



*Figura N° 16 mescla de la emulsión con espátula en recipiente*

En vasos que se tenga a disponibilidad, colocar 100 gr de agregado. La elaboración de cada muestra (vaso) se lo hace de la siguiente manera:

- Colocar un porcentaje de agua y con una espátula mesclar durante 20 segundos o hasta que la mescla se observe uniforme.
- De la misma forma colocar un porcentaje de emulsión y con la espátula mesclar durante 30 segundos.

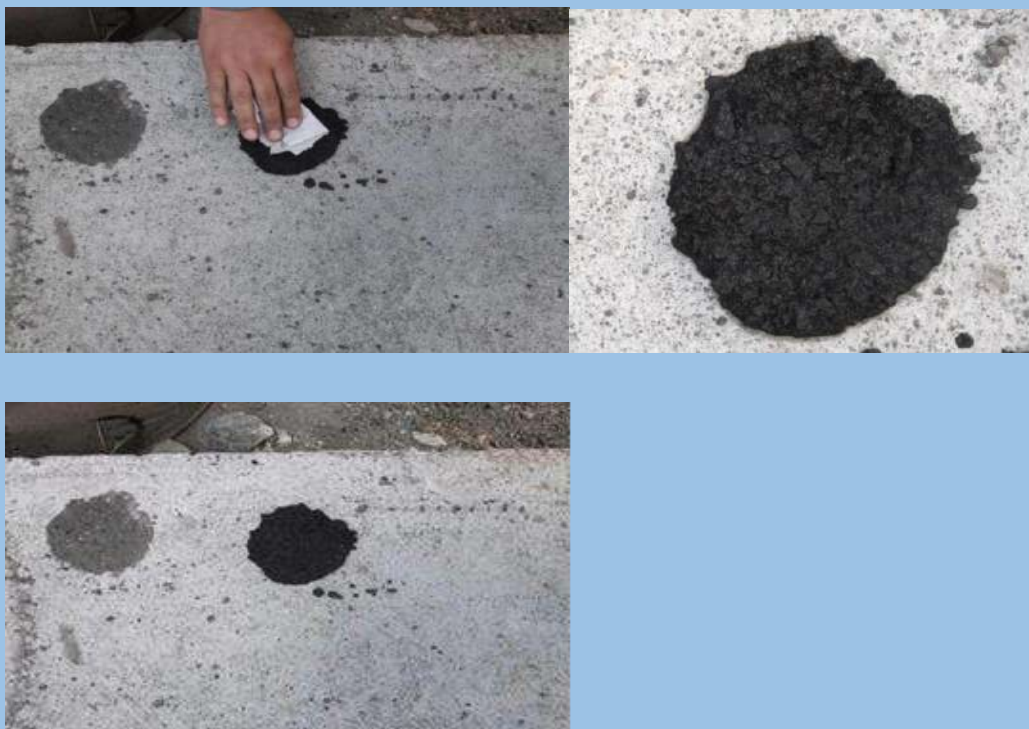
Si el porcentaje de agua es alto el porcentaje de la emulsión debe ser bajo y viceversa. El total porcentual de los líquidos con respecto al agregado debe estar entre 28% - 32%.



*Figura N° 17 Mesclado de la muestra a mano*

Colocar sobre un papel filtro una porción de la muestra, esto se lo hace con la finalidad de controlar la liberación de agua de la mescla.





*Figuras N° 18 y 19 Control de liberación de agua de la mezcla*

Mesclar la porción de la muestra que se encuentra en el vaso un máximo de 5 minutos o hasta que el espécimen se rompa y registrar el tiempo.

Este proceso realizar con cada uno de los vasos con agregado a diferentes porcentajes de agua y emulsión asfáltica.

Recomendaciones:

Si la muestra pierde brillo o adherencia es debido a que los agregados se están limpiando o las capas de asfalto están flotando. Por este motivo y para obtener una mejor mezcla es necesario hacer varias muestras, en donde, se varia la cantidad de agua, de aditivos o cambiar el tipo de aditivos y en el peor de los casos variar la cantidad de emulsión o sustituirla por otro tipo de emulsión.

Si en la superficie de la muestra se presenta un color gris, bronce o blanco; es posible a las siguientes causas:

- Exceso de agua
- Súper saturación de los agregados
- Alto contenido de finos

Altas temperaturas de curado permiten eliminar la descolorización de la superficie de la muestra.

El exceso de finos en la superficie de la muestra se puede eliminar con el uso de un cepillo mojado.

Existen muchas causas de desprendimiento del agregado al momento de pasar el pulgar sobre la superficie de la muestra; estas pueden ser:

- Bajo contenido de emulsión asfáltica
- Exceso de agua
- Exceso de finos para el contenido de emulsión

Otra causa por mala adhesión de la muestra es debido a la mala calidad de la emulsión, de los agregados o la falta de finos.

#### **2.2.4.33 ENSAYO DE COHESION ISSA TB 139**

Clasifica el sistema en términos de cuán rápido la mezcla desarrolla una adecuada cohesión a fin de poder aperturar el tráfico.



*Figura N° 20 Ensayo de Cohesión*

#### **2.2.4.34 ENSAYO DE ABRASION EN HUMEDO ISSA TB 100**

Determina la resistencia a la abrasión en húmedo de una mezcla en función al contenido de asfalto. Mide el contenido mínimo de asfalto del sistema.



*Figura N° 21 Ensayo de Abrasión en húmedo*

### 2.2.4.35 ENSAYO DE RUEDA CARGADA ISSA TB 109

Determina el máximo contenido de asfalto para evitar la exudación en el sistema.



*Figura N° 22 Ensayo de Rueda cargada aplicado al asfalto*



*Figura N° 23 el asfalto en la balanza electrónica*

## 2.2.4.36 DETERMINACIÓN GRÁFICA DEL CONTENIDO DE ASFALTO

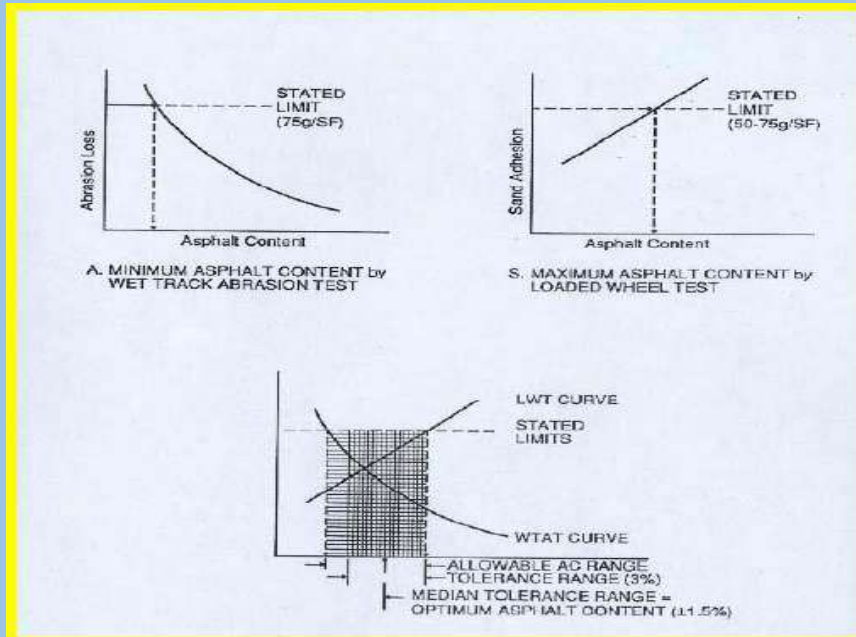


Figura N° 24 tolerancias del contenido de asfalto

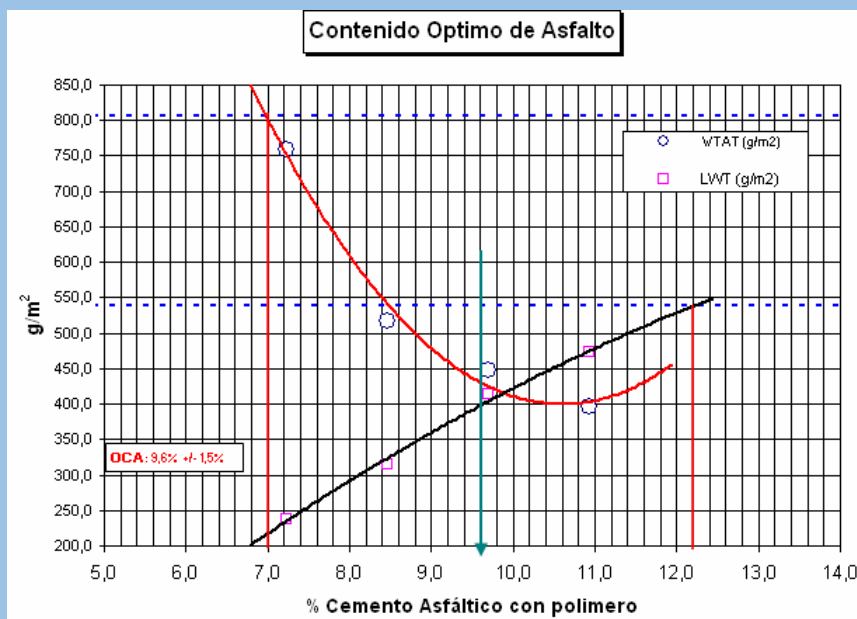


Figura N° 25 Grafico de contenido óptimo de asfalto

## 2.2.5 DEFINICIONES CONCEPTUALES

### **AGREGADOS.**

Los agregados son parte fundamental para la realización de la mezcla asfáltica, debido a que ocupan alrededor del 90% de todo el peso de la mezcla, permitiendo de esta manera tener una alta preponderancia en el comportamiento del mortero asfáltico.

Las pruebas a las cuales se deben someter los agregados son muy rigurosas, por lo cual se recomienda que los agregados deban ser 100% triturados, limpios, y libres de todo tipo de elementos, como por ejemplo, arcillas o químicos que interfieran con la colocación, adherencia y mesclado del mortero asfáltico.

Adicionalmente la granulometría y el equivalente de arena influyen directamente al momento de diseñar la mezcla asfáltica, ya que si los agregados tuvieran un valor alto de equivalente de arena, la mezcla no se desgastará rápidamente y de igual forma mejorará el desarrollo en las emulsiones de rompimiento controlado en frío.

### **EMULSIONES ASFÁLTICAS**

En el caso de emulsiones asfálticas, los líquidos no miscibles son el agua y el asfalto. Adicionalmente se tiene el emulgente o emulsificante el cual se deposita en la interface entre el agua y el asfalto con la finalidad de estabilizar a la emulsión asfáltica; esto también dependerá del tipo de emulsión que se demande.

### **CEMENTO ASFÁLTICO**

El cemento asfáltico es el componente principal de la emulsión debido a que ésta ocupa entre un 55% a 70% del total de la misma. El correcto funcionamiento del cemento asfáltico dentro del proceso de la elaboración de la emulsión se debe a que ésta tiene que cumplir algunas particularidades de tipo físico-químicas.

## **EI EMULSIFICANTE**

El emulsificante dentro de la mezcla asfáltica ocupa un bajo porcentaje pero a pesar de ello su función es muy importante, ya que el emulsificante se encarga de estabilizar y evitar la coalescencia de la emulsión, esto es, no permite que los glóbulos del asfalto se unan permitiendo estabilidad para la emulsión. Además el emulsificante permite el rompimiento oportuno y cambia la tensión superficial en el área de contacto con el agregado.

## **EMULSIFICANTES ANIONICOS**

Los emulsificantes aniónicos son sales sódicas o potásicas de ácidos orgánicos en su parte hidrofílica, con carga eléctrica negativa; éstos tienen como fórmula general: R-COONa.

## **EMULSIFICANTES CATIONICOS**

Los emulsificantes catiónicos son productos de la reacción química entre ácidos inorgánicos fuertes, como el ácido clorhídrico, con aminas grasas, con carga eléctrica positiva; éstos tienen como fórmula general: R-NH<sub>3</sub>Cl.

## **ENSAYO GRANULOMETRICO.**

El ensayo granulométrico conocido también como análisis mecánico del suelo, permite determinar jerárquicamente el tamaño de las partículas presentes en un suelo.

## **ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA.**

El ensayo de equivalente de arena se realiza con la finalidad de obtener un dato porcentual, dato que representa la proporción relativa de arcilla o contenido de finos perjudicial que contiene el agregado.

## **ENSAYO DE ABRASIÓN**

El ensayo de abrasión permite determinar el porcentaje de desgaste que tienen los agregados, es decir, este ensayo determina el porcentaje de

pérdida de la masa de la muestra con respecto a su masa inicial. Este porcentaje se lo obtiene con la ayuda de la máquina de los Ángeles.

### **ENSAYO MARSHALL (ASTM D -1559, MTC E 504)**

Este método determina el procedimiento para realizar los ensayos de estabilidad y fluencia de mezclas asfálticas preparadas en caliente y frío, utilizando el equipo Marshall, determina características físicas de las mezclas y analiza los parámetros que definen el contenido de asfalto. La estabilidad se determina empleando el principio de corte en compresión semi-confinada, sometiendo a la muestra a esfuerzos de compresión diametral a una temperatura de 60 °C (140 °F). La aplicación de esfuerzos y la rotura de las muestras se consiguen con un dispositivo especialmente proyectado para las pruebas de estabilidad.

El valor de estabilidad representa la resistencia estructural de la mezcla compactada y está afectada principalmente por el contenido de asfalto, la composición granulométrica y el tipo de agregado. El valor de estabilidad es un índice de la calidad del agregado.

### **PAVIMENTO.**

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del Usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado sub rasante, (AASHTO, 1986).

### **PAVIMENTO FLEXIBLE,**

También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de sub



base, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la sub rasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas, (Montejo, 2006).

## **CAPÍTULO III**

### **III PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1 GENERALIDADES**

“Las pruebas de laboratorio en la Ingeniería Civil, son determinantes pues conforman la interface que debe haber entre el diseño o nivel conceptual y la construcción o nivel práctico” (Hernández Muñoz, 2007). Es por esta razón que el estudio de las características de los pavimentos flexibles siempre estará regido por Normas y Especificaciones Técnicas del proyecto en ejecución. Al realizar estas pruebas se podrá saber de forma precisa, los valores reales tanto físicos como químicos del agregado o emulsión presente, dando como resultado un diseño eficiente

#### **3.1.2 DEFINICION DEL AGREGADO**

Un agregado pétreo es un material mineral duro e inerte, usado en forma de partículas gradadas o fragmentos, como parte de un pavimento flexible. Los agregados pétreos son producto de roca o grava triturada.

Los agregados se usan tanto en las capas de base granular como para la elaboración de la mezcla asfáltica. El agregado constituye entre el 90 y 95% en peso y entre el 75 y 85% en volumen en la mayoría de las estructuras de pavimento. Esto hace que la calidad del agregado usado sea un factor determinante en el comportamiento del pavimento.

Los agregados adecuadamente graduados por su tamaño y escogidos por las propiedades que les provee su naturaleza forman lo que se conoce como el esqueleto pétreo y se mantienen íntimamente adheridos y cohesionados por las propiedades que posee el aglutinante (asfalto).

Los agregados utilizados para el trabajo de investigación, se han tomado 02 muestras, mediante calicatas, del rio Unocolla de la ciudad de Juliaca, cantera ubicada a 7 km., de la carretera Juliaca Lampa, zona Isla específicamente.

Agregados que han sido trasladados al laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos del Consorcio Mañazo, para los ensayos granulométricos considerados según las especificaciones técnicas solicitadas.

A una altitud con su punto más bajo a 3,825 m.s.n.m. en promedio y su punto más alto sobre la cota de 3,826 m.s.n.m.

Departamento : Puno.

Provincia : San Román

Distrito : Juliaca

C. Poblado : Isla – Uray Jaran

Potencia : 2´400.000.00 M3 Aprox.

La cantera Isla, se ubica al margen izquierdo de la carretera Juliaca – Lampa, puntualmente en el km. 7.00, su explotación es de muchos años atrás, debido a que los agregados de esta cantera tiene características físicas y resistentes adecuados para la producción de concreto y otros.

### **3.1.3 GEOLOGIA DE LA CANTERA**

La cantera en referencia es de agregados naturales, renovables, puesto que en la temporada de lluvias en los meses de diciembre a abril se renuevan los agregados; por lo que no son agotables.

La explotación de la cantera está bajo la responsabilidad de la comunidad campesina de la zona, quienes venden los agregados a proveedores particulares, y estos los destinan a las obras que produce la ciudad de Juliaca.

### 3.1.4 CARACTERISTICAS DE UBICACIÓN DE LA CANTERA ISLA DE LA CIUDAD DE JULIACA. (RIO UNOCOLLA)

La ubicación de las áreas a explotar en minas metálicas y no metálicas, deben estar referidas a coordenadas UTM., en lo que respecta a lados y vértices. Por otro lado la cantera de explotación es el cauce del rio Cabanillas, que en todo el recorrido de su cauce cuenta con agregados para su extracción.

**Cuadro N° 02**

### CARACTERISTICAS DE UBICACIÓN DE LA CANTERA ISLA (RIO UNOCOLLA) DE AGREGADOS EN LA CIUDAD DE JULIACA

COORDENADAS UTM. LADOS Y VERTICES					
VTC	NORTE (m.)	ESTE (m)	ANG.INT	DISTANCIA	
				LADOS	LONG.
1	8289900.1920	369451.1159	90°0'0"	1 - -2	2000.00 ml.
2	8291236.9554	370938.7618	90°0'0"	2 - -3	500.00 ml.
3	8290865.0339	371272.9501	90°0'0"	3 - -4	2000.00 ml.
4	8289528.2805	369785.3042	90°0'0"	4 - -1	500.00 ml.
		Sum. Ang. Int.:	360°0'0"	Perímetro	5,000.00 ml.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• AREA EXPLOTABLE : 960 Ha.</li> <li>• SITUACION ACTUAL : En explotación</li> <li>• PROPIETARIO : C.C. Isla</li> <li>• VOLUMEN ANUAL DE EXPLOTACION : 2'400.000.00 M3 Aprox.</li> <li>• EL VOLUMEN EXPLOTADO SE RENUEVA ANUALMENTE EN LA TEMPORADA DE LLUVIAS.</li> </ul>					
Fuente: Elaboración propia					

**Características:**

Longitud del cauce rio Cabanillas	: 6,000 ml.
Ancho promedio del cauce	: 160 ml.
Área de explotación considerada	: 960,000 cm <sup>2</sup> (96 ha)
Profundidad promedio de excavación	: 2.50 m.t.
Volumen a explotar anualmente	: 2'400,000.00 m <sup>3</sup>

Nota: el volumen explotado es renovable, debido a que los agregados se recomponen pasada la temporada de lluvias, por lo que se considera que la potencialidad de explotación es ilimitada.

### 3.1.5 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA DE LA CIUDAD DE JULIACA

Las características físicas promedio de los agregados son los siguientes:

**Cuadro N° 03**

#### **CARACTERISTICAS FISICAS DE AGREGADOS CANTERA ISLA –JULIACA**

<b>CARACTERISTICAS FISICAS</b>	<b>A.F.</b>	<b>A.G.</b>
Peso específico de masa	2.55 gr/cm <sup>3</sup>	2.56 gr/cm <sup>3</sup>
Peso seco compactado	1620 kg/m <sup>3</sup>	1595 kg/m <sup>3</sup>
Peso seco suelto	1538 kg/m <sup>3</sup>	1467 kg/m <sup>3</sup>
Absorción	2.99%	2.10%
Humedad	7.25%	3.82%
Módulo de fineza	3.68	6.50
Módulo de fineza de la combinación	5.34	

Fuente: resultados obtenidos de ensayos del Laboratorio de suelos UANCV. De la Tesis potencialidad calidad y plan de explotación de agregados cantera Isla.

#### **Interpretación de los resultados del cuadro N°5**

Los resultados de las características físicas de los agregados de la cantera isla son muy buenos y recomendables para la producción del concreto.

### 3.1.6 CARACTERISTICAS RESISTENTES DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA ISLA RIO UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA

Las características resistentes de los agregados de la cantera Isla de la ciudad de Juliaca son los siguientes:

#### Cuadro N° 04

### CARACTERISTICAS RESISTENTES DE AGREGADOS CANTERA ISLA – UNOCOLLA - JULIACA

CARACTERISTICAS RESISTENTES	A.G.
Perfil	Redondeado
Tipo de agregado	Natural
Resistencia al desgaste	74.52%
Perdida	25.48%
AASTHO	T – 26
ASTM.	C - 131

Fuente: resultados obtenidos de ensayos del Laboratorio de suelos UANCV., de la Tesis potencialidad calidad y plan de explotación de agregados cantera Isla.

#### Interpretación de resultados del cuadro N°06

Mediante el ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles, se puede conocer la resistencia del agregado al desgaste mecánico o físico, por contacto directo con esferas de acero, que giran junto al material a la velocidad de 33 revoluciones por segundo, por el lapso de 15 a 30 minutos de acuerdo al tamaño de la grava originando desmenuzamiento del material, el porcentaje resistente al desgaste es el 74.52%, y solamente el 25.48% es la pérdida al desgaste.

El ensayo de desgaste de los Ángeles ASTM C-131 (para agregados menores de 1 1/2”), y ASTM C- 535 (para agregados mayores a 3/4” mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste.

#### 3.1.7 ENSAYO GRANULOMETRICO.

El ensayo granulométrico conocido también como análisis mecánico del suelo, permite determinar jerárquicamente el tamaño de las partículas presentes en un suelo.

## Norma

Los agregados a utilizarse en la mezcla asfáltica Slurry Seal deben cumplir con la norma AASHTO T-11 y T-27 o ASTM C-136.

Los parámetros a tomarse en cuenta para la granulometría de los agregados para el diseño de mezcla Slurry Seal, son proporcionados por TDM (Tecnología de Materiales), que a su vez se encuentran publicados en las ESPECIFICACIONES GENERALES del Slurry Seal.

### Cuadro N° 05

#### GRANULOMETRIA PARA EL DISEÑO DEL SLURRY SEAL

#### ASTM. C -136

TAMAÑO DE TAMIZ	TIPO I % Pasante	TIPO I % Pasante	TIPO I % Pasante	TOLERANCIAS
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
N° 4 (4.75 mm)	100	90-100	70-90	+/- 5%
N° 8 (2.36 mm)	90-100	65-90	45-70	+/- 5%
N° 16 (1.18 mm)	65-90	45-70	28-50	+/- 5%
N° 30 (600 um)	40-65	30-50	19-34	+/- 5%
N° 50 (330 um)	25-42	18-30	12-25	+/- 4%
N°100 (150 um)	15-30	10-21	7 -18	+/- 3%
N°200 (75 um)	10-20	5 -15	5 -15	+/- 2%

**Fuente:** granulometría para el diseño Slurry Seal (ASTM – 136)

#### 3.1.8 RESULTADOS DEL ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO.

Se han tomado 03 muestras, para los ensayos granulométricos del agregado, cuyos resultados se muestran en el cuadro N° 06.

## Cuadro N° 06

### RESULTADOS DEL ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Muestra	Tipo de Agregado	Peso Inicial	Resultados Obtenidos Malla 3/8"	Especificaciones II, ASTM C-136 3/8"	Cumple con la norma ASTM C-136
E t a b o r 01	Fino	2,367 gr.	100%	100"	SI
02	Fino	2,561 gr.	100%	100"	SI
03	Fino	2,845 gr.	100%	100"	SI

Fuente: Resultados obtenidos de los ensayos de Laboratorio de mecánica de suelos, del Consorcio Mañazo (ensayos granulométricos adjuntos).

#### 3.1.9. Interpretación de los Resultados:

##### Caracterización del agregado de la muestra N° 01

Laboratorio de Mecánica de Suelos: Consorcio Mañazo

Procedencia de Muestra: Cantera Isla – Rio Unocolla

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico de Agregados

Peso Inicial: 2,367 gr.

De acuerdo a los resultados de análisis granulométrico, pasa la malla 3/8" al 100%, y cumple con las especificaciones técnicas del ASTM. C -136, Especificación II 100%.

Las muestras N°02 y 03, de acuerdo a los resultados presentados en el cuadro, cumplen también con las especificaciones técnicas del ASTM. C - 136, Especificación II al 100%, para la elaboración del Slurry Seal.



Nota: Los ensayo de análisis granulométrico de la muestra 01, 02 y 03 están adjuntos en los anexos de la presente tesis.



**FIGURA N° 26,** En la fotografía se observa el ensayo granulométrico del agregado fino y las mallas utilizadas.

### 3.1.10 ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA.

El ensayo de equivalente de arena se realiza con la finalidad de obtener un dato porcentual, dato que representa la proporción relativa de arcilla o contenido de finos perjudicial que contiene el agregado.

La presencia de arcilla dentro de la mezcla asfáltica es muy perjudicial al momento de la colocación del mismo sobre la vía, debido a que no habrá una adherencia adecuada junto con la capa de rodadura. Por esta razón es necesaria la obtención del valor porcentual mediante la ejecución del ensayo de equivalente de arena.

#### **Norma**

El ensayo de equivalente de arena se basa en la norma ASTM. D- 2419 o AASHTO T-176. El valor obtenido después de la realización del ensayo, debe ser mayor al 45% para morteros asfálticos.

### 3.1.11 RESULTADOS DEL ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA.

Se han tomado 03 muestras, para los ensayos de equivalente de arena, del agregado a utilizar en la mezcla, cuyos resultados se muestran en el cuadro N° 07.

**Cuadro N° 07**

#### **RESULTADOS DEL ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA DEL AGREGADO FINO**

<b>Muestra</b>	<b>Tipo de Agregado</b>	<b>Resultados de Equivalente De Arena</b>	<b>Especificaciones II, ASTM D- 2419</b>	<b>Cumple con la norma ASTM D-2419</b>
01	Fino	73.4%	45% mínimo	SI
02	Fino	74.1%	45% mínimo	SI
03	Fino	74.7%	45% mínimo	SI

Fuente: Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, del Consorcio Mañazo, adjuntos en anexos.

#### 4.1.11.1 Interpretación de los Resultados del cuadro N° 09

De la muestra N° 01, se obtienen los siguientes resultados:

Laboratorio de Mecánica de Suelos: Consorcio Mañazo

Procedencia de Muestra: Cantera Isla – Rio Unocolla

Tipo de Ensayo: Equivalente de Arena

De acuerdo a los resultados obtenidos el equivalente de arena promedio de la muestra es: 73.4%, es decir, según las especificaciones técnicas del ASTM. D - 2419, el mínimo debe ser 45%, pero los resultados son mayores

que lo solicitado 73.4%, el equivalente de arena, lo que significa, que cumple con las especificaciones del ASTM.

Las muestras N° 02 y 03, también cumplen con las especificaciones técnicas del ASTM. D – 2419.

Nota: Los ensayo de equivalente de arena de la muestra 01, 02 y 03 están adjuntos en los anexos de la presente tesis.



**FIGURA N° 27**, En la fotografía se observa el ensayo Equivalente de Arena del agregado fino.



**FIGURA N° 28**, En la fotografía se observa el ensayo Equivalente de Arena del agregado fino, de las 3 muestras elaboradas.

### **3.1.12 ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION**

El peso específico en términos prácticos no es más que la relación que existe entre el peso del agregado con el peso de agua, es decir, que este ensayo permite determinar la densidad del agregado, expresada en kg/m<sup>3</sup>. La principal ayuda que brinda el ensayo de peso específico es la de conocer que tan denso es un agregado y el posible uso en la obra.

El ensayo de peso específico se lo usa para agregados de tipo grueso, finos y en suelos comunes.

Así mismo es la relación entre el peso y el volumen del material sólido, para determinar el peso específico o densidad se debe tomar el agregado en estado saturado y superficie seca, rondan alrededor de 2.65 gr/cm<sup>3</sup>, tal como en los agregados silíceos.

La Absorción.- Se define como el incremento de peso, de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca

#### **Norma**

La norma AASHTO T-84 o ASTM C-128 es usada para determinar el peso específico en agregados finos. El valor de la densidad del agregado fino a usarse en el proceso para la elaboración de la mezclas asfáltica Slurry Seal debe constar dentro del rango de 2,3 g/cm<sup>3</sup> a 2,7 g/cm<sup>3</sup>.

### **3.1.13 RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO.**

Se han tomado 03 muestras, para los ensayos indicados del agregado fino y grueso, cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 08**

**RESUMEN DEL ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN**

**AGREGADO GRUESO**

<b>Agregado Grueso</b>	<b>Peso específico Bulk (base seca)</b>	<b>Peso específico Bulk (base saturada)</b>	<b>Peso específico Aparente (base seca)</b>	<b>Absorción %</b>	<b>Cumple con la norma ASTM C-128 2.3 – 2.7</b>
01	2.519	2.559	2.623	1.57	SI
02	2.497	2.547	2.629	2.01	SI
03	2.532	2.572	2.639	1.60	SI

Fuente: Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, del Consorcio Mañazo, adjuntos en anexos.

**Cuadro N° 09**

**RESUMEN DEL ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN**

**AGREGADO FINO**

<b>Agregado Grueso</b>	<b>Peso específico Bulk (base seca)</b>	<b>Peso específico Bulk (base saturada)</b>	<b>Peso específico Aparente (base seca)</b>	<b>Absorción %</b>	<b>norma ASTM C-128 2.3 – 2.7</b>
01	2.521	2.577	2.672	2.25	SI
02	2.522	2.577	2.67	2.21	SI
03	2.518	2.577	2.677	2.35	SI

Fuente: Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, del Consorcio Mañazo, adjuntos en anexos.

### **3.1.13.1 Interpretación de los Resultados del cuadro N° 10**

De la muestra N° 01, se obtienen los siguientes resultados:

Laboratorio de Mecánica de Suelos: Consorcio Mañazo

Procedencia de Muestra: Cantera Isla – Rio Unocolla

Tipo de Ensayo: Gravedad específica y absorción

Tipo de agregado: Grueso

El peso específico bulk base seca, es 2.521

El peso específico bulk base saturada es 2.577

El peso específico aparente base seca cuyo resultado es 2.672, lo que indica que se encuentra dentro del rango de la norma ASTM C – 128 (2.3 – 2.7), los resultados de la muestra 01, cumplen con las especificaciones.

Las muestras N° 02 y 03, también cumplen con las especificaciones técnicas del ASTM. C – 128.

### **Interpretación de los Resultados del cuadro N° 11**

Tipo de agregado: Fino

El peso específico bulk base seca, es 2.521

El peso específico bulk base saturada es 2.559

El peso específico aparente base seca cuyo resultado es 2.623, lo que indica que se encuentra dentro del rango de la norma ASTM C – 128 (2.3 – 2.7), los resultados de la muestra 01, cumplen con las especificaciones.

Las muestras N° 02 y 03, también cumplen con las especificaciones técnicas del ASTM. C – 128.

Nota: Los ensayos de la muestras 01, 02 y 03 están adjuntos en los anexos de la presente tesis.



**FIGURA N° 29,** En la fotografía se observa el Ensayo de Peso Específico del agregado Grueso.

### 3.2. FILLER

Se ha considerado a la cal hidratada, proveniente de la cantera de Samán, normalmente usada hasta 2% máximo, con respecto al peso del agregado seco, cuya finalidad es ayudar las deficiencias en los finos que pasan la malla # 200, también es usado como agente tixotrópico y como aditivo para iniciar la reacción.

Para lo cual se ha realizado los ensayos granulométricos por tamizado, de la cal hidratada (filler), donde se obtienen los resultados siguientes.

#### 3.2.1 RESULTADOS DEL ENSAYO GRANULOMETRICO DEL FILLER (CAL HIDRATADA).

Se han tomado 03 muestras, para los ensayos indicados del agregado fino, cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro.

## Cuadro N° 10

### RESUMEN DEL ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA CAL HIDRATADA (FILLER)

Muestra	Cal Hidratada	Peso Inicial	Resultados Obtenidos Malla 3/8"	Especificaciones II, ASTM C-136 3/8"	Cumple con la norma ASTM C-136
01	Fino	324 gr.	100%	100"	SI
02	Fino	384 gr.	100%	100"	SI
03	Fino	491 gr.	100%	100"	SI

Fuente: Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, del Consorcio Mañazo, adjuntos en anexos.

#### 3.2.1.1 Interpretación de los Resultados del cuadro N° 12

##### Caracterización del agregado de la muestra N° 01

Laboratorio de Mecánica de Suelos: Consorcio Mañazo

Procedencia de Muestra: Cantera Isla – Rio Unocolla

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico de Agregados

Peso Inicial: 324 gr.

De acuerdo a los resultados de análisis granulométrico, pasa la malla 3/8" al 100%, y cumple con las especificaciones técnicas del ASTM. C -136, Especificación II 100%.

Las muestras N°02 y 03, de acuerdo a los resultados presentados en el cuadro, cumplen con las especificaciones técnicas del ASTM. C -136, Especificación II al 100%, para la elaboración del Slurry Seal.

Nota: Los ensayo de análisis granulométrico de la muestra 01, 02 y 03 están adjuntos en los anexos de la presente tesis.





**FIGURA N° 30 y 31, Ensayo granulométrico de la cal (filler).**

### **3.2.2 RESULTADOS DEL ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO (98%) MAS LA ADICION DEL FILLER (CAL HIDRATADA) 2%.**

Se han tomado 03 muestras, para los ensayos indicados del agregado fino (98%), más la adición del 2% del filler (cal hidratada), cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 11**

#### **RESUMEN DEL ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO AL 98% + CAL HIDRATADA (FILLER) 2%**

<b>Muestra</b>	<b>Peso Inicial</b>	<b>Módulo de Fineza</b>	<b>Peso Unitario Suelto ASTM C-128</b>	<b>Peso Unitario Varillado ASTM C-128</b>	<b>Humedad Natural</b>	<b>Especificaciones II, ASTM C-136 3/8"</b>	<b>Equivalente de Arena ASTM D 2419</b>
01	1,403 gr	0.00	1,334 tn/m <sup>3</sup>	1,518 tn/m <sup>3</sup>	8.6%	100"	64.0%
02	1,624 gr	0.00	1,340 tn/m <sup>3</sup>	1,528 tn/m <sup>3</sup>	8.6%	100"	66.5%
03	1,846 gr	0.00	1,338 tn/m <sup>3</sup>	1,525 tn/m <sup>3</sup>	8.5%	100"	69.1%

Fuente: Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, del Consorcio Mañazo, adjuntos en anexos.

### 3.2.2.1 Interpretación de los Resultados del cuadro N° 11

#### Caracterización del agregado de la muestra N° 01

Laboratorio de Mecánica de Suelos: Consorcio Mañazo

Procedencia de Muestra: Cantera Isla – Rio Unocolla

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico de Agregado fino 98% + cal hidratada 2% (filler)

Peso Inicial: 1,403 gr.

De acuerdo a los resultados de análisis granulométrico, pasa la malla 3/8" al 100%, y cumple con las especificaciones técnicas del ASTM. C -136, ASTM C-128.

Los resultados indican que el peso unitario varillado, es de 1,518 tn/m<sup>3</sup>.

Humedad natural es de 8.6%.

Nota: Lo más importante de este ensayo es ayudar en la resistencia a la mezcla y lo vuelva más denso.

Las muestras N°02 y 03, de acuerdo a los resultados presentados en el cuadro, cumplen con las especificaciones técnicas del ASTM. C -136, Especificación II al 100%, para la elaboración del Slurry Seal.

Nota: Los ensayo de análisis granulométrico de la muestra 01, 02 y 03 están adjuntos en los anexos de la presente tesis.



**FIGURA N° 32,** En la fotografía se observa la mezcla del agregado mixto y la cal hidratada (filler), antes de someter al ensayo.

### 3.3. CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA PARA LOS ENSAYOS

El agua es el principal componente al momento de determinar la consistencia de la mezcla, está presente en tres formas:

- Como humedad contenida en los agregados
- Como agua de mezcla
- Como uno de los dos componentes que se encuentra en mayor cantidad dentro de la elaboración de la mezcla asfáltica.

La cantidad de agua en la mezcla es determinante, por ejemplo, si la cantidad de agua es muy alta (12%), provocará una segregación ya que la mezcla se encuentra muy fluida; en cambio si la cantidad de agua es baja, la mezcla asfáltica perderá la cohesión con el pavimento existente.

El agua no se lo somete a ensayos de laboratorio, lo único que se tiene que tomar en cuenta es el control de la presencia de minerales, como calcio o magnesio ya que estas afectan sus propiedades químicas.

Debe ser de preferencia potable, y no debe contener sólidos en suspensión.

Los requisitos de calidad del agua para la elaboración de la mezcla asfáltica no tienen ninguna relación en el aspecto bacteriológico (agua potable), se considera en sus características físico químicas.

Los proyectos en ocasiones se utilizan con agua extraída del sub suelo, que puede ser adecuada o no para la producción de la mezcla asfáltica en frío, para lo cual se considera un ensayo en la zona de Taparachi cuya ubicación se encuentra en la UANCV., considerando, que estos utilizan agua subterránea, para la elaboración de concreto, mezclas asfálticas y otros, cuyo análisis se plasman en el siguiente cuadro.

### **Cuadro N° 12**

#### **RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS DE POZO**

<b>PARAMETROS</b>	<b>MUESTRA 01</b>	<b>UNIDADES</b>
T°	16.5	°C
Ph	6.5	Ph.
Potencia Redox	10.6	mV
Conductividad E.	1012	mS/cm
TDS	700	Ppm
Salinidad	500	Ppm
Alcalinidad total CaCO <sub>3</sub>	144.09	Mg/L
Cloruros Cl	112.52	Mg/L
Dureza Total CaCO <sub>3</sub>	123.05	Mg/L
Sulfatos SO <sub>4</sub>	420.00	Mg/L

*Fuente: Análisis químico efectuado en la EPS. SEDA JULIACA.*

#### **3.3.1 Interpretación de resultados cuadro N°12**

La presencia de sulfatos y cloruros en cantidades considerables, puede influir en la durabilidad del concreto, es así como para el agua potable los cloruros deben ser como máximos 120 mg/l., y el análisis muestra 112.52 mg/l., como máximo, referente a los sulfatos para el agua potable es de 500 mg/l., y el análisis muestra 420 mg/l., significa que el agua empleada es apta para la producción de concreto, y mezcla asfáltica.

### 3.4. EMULSIÓN ASFÁLTICA

Es otro componente importante de la mezcla, ya que tiene como objetivo la perfecta envuelta de los áridos. Las lechadas se fabrican con emulsiones de rotura lenta o superestables, pueden ser convencionales o modificadas. La velocidad de la rotura de la emulsión debe estar controlada de manera que se produzca lo más rápido posible una vez extendida la mezcla. Los microaglomerados se formulan con emulsiones modificadas de rotura controlada siempre

El material bituminoso más utilizado para tratamientos son las emulsiones asfálticas catiónicas ya que poseen las siguientes ventajas:

- ✓ Baja viscosidad a temperatura ambiente, lo cual, facilita el transporte, permite la aplicación en frío produciendo un buen mojado del árido.
- ✓ Evita agregar mejoradores de adherencia.
- ✓ Evita gastos de combustible, elimina riesgos de incendio y accidentes.
- ✓ Permite trabajar en ambientes fríos y húmedos.

#### 3.4.1 ASFALTO

El asfalto es un material negro, cementante, que varía ampliamente en consistencia, entre sólido y semisólido (sólido blando), a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido, lo cual le permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de mezcla.

Según la ASTM., los asfaltos son materiales aglomerantes sólidos o semisólidos de color que varía de negro a pardo oscuro y que se licúan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la naturaleza en forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo; o combinaciones de éstos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones (ASTM Standard D8).

### **3.4.2 COMPONENTES DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS**

Una emulsión está compuesta por las siguientes partes:

#### **3.4.2.1 CEMENTO ASFÁLTICO**

El cemento asfáltico es el ingrediente básico de una emulsión y, en la mayoría de los casos representa del 55 al 70% de la emulsión.

La mayor parte de las emulsiones se hacen con asfaltos situados dentro de un intervalo de penetración entre 100 y 250. A veces, las condiciones climáticas pueden determinar el uso de un asfalto base más blando o más duro. En cualquier caso, es esencial la compatibilidad del agente emulsificante con el cemento asfáltico para producir una emulsión asfáltica estable.

El asfalto es un coloide compuesto de varias fracciones, siendo las principales los asfaltenos y los maltenos. La constitución coloidal del asfalto depende de la naturaleza química, el porcentaje de estas fracciones y sus relaciones entre ellas.

Los asfaltenos son la fase dispersa del asfalto, mientras que los maltenos son la fase continua. Se concibe que los asfaltenos suministran la dureza mientras se cree que los maltenos las propiedades de adhesividad y ductilidad. Los maltenos presentes tienen incidencia en la viscosidad o propiedades de flujo del asfalto. La interacción compleja de las diferentes fracciones hace casi imposible predecir en forma precisa el comportamiento de un asfalto para emulsificar. Por este motivo se ejerce un continuo control de calidad en la producción de la emulsión para detectar y corregir cualquier tendencia del asfalto conducente a afectar adversamente el comportamiento de la emulsión resultante. Se usan en la actualidad varios sistemas de análisis de asfalto para separar y evaluar las fracciones. No existe consenso entre los técnicos respecto a cómo cada fracción afecta el comportamiento de campo. Ni hay acuerdo total en cuanto a la facilidad con la cual un cemento asfáltico puede ser emulsificado.

Cada fabricante de emulsiones tiene sus propias fórmulas y técnicas de producción. Han sido desarrolladas para obtener óptimos resultados con el cemento asfáltico y emulsificantes químicos que cada cual usa.

### **3.4.2.2 SOLUCIÓN JABONOSA**

#### **3.4.2.2.1 AGUA**

El segundo ingrediente en cantidad en las emulsiones es el agua, representando el 98% de la solución jabonosa. No puede restarse importancia a sus contribuciones para dotar el producto final con propiedades deseables. El agua humedece y disuelve: se adhiere a otras sustancias; y, modera las reacciones químicas. Todos son factores importantes que pueden ser favorables a la producción de una emulsión satisfactoria. Por otro lado, el agua puede contener factores u otras sustancias que afecten la producción de emulsiones asfálticas estables.

Pueden ser inadecuadas las aguas sin tratar a causa de impurezas, tanto en solución como en suspensión coloidal. De especial cuidado es la presencia de iones de calcio y magnesio, que pueden afectar las propiedades de la emulsión.

No debe usarse en la producción de emulsiones agua que contenga materias extrañas.

Pueden originar desbalances en los componentes de la emulsión que pueden afectar nocivamente el comportamiento o producir la rotura prematura.

En resumen, el agua usada para producir emulsiones deberá ser razonablemente pura y libre de materias extrañas.

#### **3.4.2.2.2 AGENTE EMULSIFICANTE**

Representa el 1% de la solución jabonosa aunque las propiedades de una emulsión dependen notablemente del producto químico usado como emulsificante. Dicho químico es un agente con actividad de superficie

comúnmente llamado “surfactante” que determina si la emulsión se clasificará como aniónica, catiónica o no iónica. El emulsificante, también mantiene los glóbulos de asfalto en suspensión estable y permite su rotura oportuna. El surfactante cambia la tensión superficial en la interfase, es decir, el área de contacto entre los glóbulos de asfalto y el agua. Hay gran disponibilidad de variados emulsificantes químicos. Deben seleccionarse por su compatibilidad con el cemento asfáltico usado. En los primeros días de la producción de emulsiones se usaron como agentes emulsificantes materiales tales como sangre de buey, arcillas y jabones. Con el incremento de la demanda por emulsiones, fueron encontrados nuevos y más eficientes.

### **3.4.3 MESCLA ASFÁLTICA EN FRÍO**

Son las mezclas constituidas por la combinación de uno o más agregados pétreos, con una emulsión asfáltica (que no es más que asfalto emulsionado en agua antes de ser mezclado con el agregado) y, eventualmente, agua. En este estado de emulsión el asfalto es menos viscoso y la mezcla es más fácil de trabajar y compactar. La emulsión romperá luego de que suficiente agua se haya evaporado y la mezcla en frío comienza a tener buena resistencia. Estas mezclas se efectúan con asfaltos líquidos y sin recurrir al calentamiento de los agregados. Se utilizan comúnmente como material para bacheo en rutas de bajo tránsito.

Estas mezclas poseen capacidad portante, por esta razón es que se considera su aporte en el paquete estructural. Los agregados gruesos son exclusivamente provenientes de trituración. Los agregados finos, conviene que provengan de la mezcla de arenas de trituración, que ofrecen la trabazón necesaria, y arenas silíceas naturales que le otorgan trabajabilidad a la mezcla.

Son ideales para la pavimentación urbana de arterias que serán sometidas a un bajo volumen de tránsito y en donde ese tránsito será casi exclusivamente de automóviles. Se recomienda su puesta en obra a temperaturas no inferiores a los 20°C ni superiores a los 40°C.



Las emulsiones asfálticas contienen pequeñas cantidades de solventes, que generalmente producen el mejor resultado para las mezclas en frío, utilizadas para bacheo. La mezcla se rigidiza cuando el solvente se evapora. A la hora de dosificar el agua dentro de la mezcla se debe tomar en cuenta, el tiempo con el que se dispone para abrir el tránsito nuevamente.

### **Clasificación de la mezcla según el porcentaje de vacíos**

Existen dos tipos de mezclas asfálticas en frío: cerradas (o densas) y abiertas.

#### **3.4.3.1 CERRADAS (O DENSAS)**

Como se mencionará más adelante, se denominan del tipo cerradas porque su relación de vacíos es menor al 6%. Se fabrican con emulsiones de rotura lenta sin ningún tipo de fluidificante (Bañón Blázquez, Luis.2004). Aunque pueden compactarse después de haber roto la emulsión (la presencia de agua supone una lubricación de las partículas de árido), no conviene ponerlas en obra si no son suficientemente trabajables. Por otro lado, no pueden abrirse al tráfico hasta que han alcanzado una resistencia suficiente. Este proceso se suele denominar de maduración; consiste básicamente en la evaporación del agua procedente de la rotura de la emulsión y es relativamente lento, debido a que la granulometría cerrada del árido hace que la mezcla tenga una pequeña proporción de huecos. Se emplean mucho menos que las mezclas abiertas en frío.

El agua se debe incorporar a los agregados antes que la emulsión asfáltica, con el fin de evitar un rompimiento prematuro de ésta, asegurando un cubrimiento completo del agregado y una buena uniformidad en la mezcla.

Poseen un contenido de ligante elevado (Fernández del Campo, J. A. 1983). Esto condiciona un tiempo de trabajabilidad de las mezclas mucho más corto y unas condiciones de puesta en obra y compactación mucho más estrictas.

Permite el empleo de granulometrías de áridos análogas a las prescritas para las mezclas densas en caliente. Por ello, el campo de utilización de las emulsiones se amplía hacia todo tipo de pavimentos y soluciones.

#### **3.4.3.2 ABIERTAS**

Al igual que las mezclas cerradas, las abiertas también se conceptualizan partiendo de su porcentaje de vacíos, el cual debe ser mayor al 12%.

Consisten en la combinación de un agregado pétreo predominantemente grueso y de granulometría uniforme, con un ligante bituminoso, constituyendo un producto que puede ser elaborado, extendido y compactado a temperatura ambiente y que presenta un elevado contenido de vacíos con aire.

Son las más empleadas, se caracterizan por su trabajabilidad tras su fabricación, incluso durante semanas (Bañón Blázquez, Luis. 2004). Dicha trabajabilidad se basa en que el ligante permanece con baja viscosidad, debido a que se emplean emulsiones de betún fluidificado. Después de la puesta en obra en capas de reducido espesor, el aumento de la viscosidad es rápido; sin embargo, es muy lento en acopios, en los que únicamente endurece la superficie, siendo así viable el almacenamiento. En las capas ya extendidas, la evaporación del fluidificante es posible debido a que la granulometría es abierta, con pequeñas proporciones de árido fino, lo que supone un elevado porcentaje de huecos en la mezcla.

#### **3.4.3.3 VIRTUDES DE LAS MESCLAS ASFALTICAS EN FRIO**

- Se fabrican y colocan a temperatura ambiente
- Se puede almacenar a temperatura ambiente por periodos de hasta 5 a 6 meses dependiendo de las condiciones de almacenamiento
- Tiene más vida útil, pues no se calienta. El asfalto entre más se calienta, menos vive.

- Es seguro para los operarios que lo aplican, pues minimizan los riesgos operacionales.
- No contaminan el medio ambiente, pues no emiten vapores al colocarlas.
- Ahorra combustibles y energía, ya que se fabrica en frío completamente.

#### 3.4.3.4 RECOMENDACIONES DE USO

Los usos recomendados no difieren de los indicados para las mezclas tradicionales. La decisión del uso de estas mezclas, dependerá de algunas consideraciones tales como:

- Comparación en la parte técnico – financiero
- Magnitud y lugar de emplazamiento de la obra
- Transito
- Condiciones climáticas predominantes

#### 3.4.4 RESULTADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL MORTERO ASFALTICO, ISSA A -105

De acuerdo a las pruebas realizadas al mortero asfaltico a utilizarse, en la mezcla de diseño se consideran las especificaciones técnicas del ISSA A – 105, cuyos resultados se comparan en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 13**

#### **PRUEBAS REALIZADAS AL MORTERO ASFALTICO ISSA A -105**

#### **SLURRY SEAL (ISSA)**

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>	<b>Especificaciones</b>
Abrasión WTAT	ISSA TB -100	420	807.0 g/m2 Máximo
Rueda Cargada	ISSA TB -109	420.00	538.0 g/m2 Máximo
Cono de	ISSA TB -106	2.00	2 a 3 cm.

Consistencia			
Tiempo de Mesclado	ISSA TB -113	➤ 180	180 seg. mínimo

### COMPATIBILIDAD

Ensayo	Método	Resultados	Especificaciones
WET STRIPPING	ISSA TB -114	99	90% Mínimo
COHESION			
Ensayo	Método	Resultados	Especificaciones
Cohesión a 30 min.	ISSA TB -139	12	12 Kg-cm mínimo

Elaboración Propia: Fuente ensayos elaborados adjuntos.

#### 3.4.4.1 Interpretación de resultados cuadro N°13

Los resultados del mortero asfáltico a utilizar en la mezcla, los valores de las especificaciones técnicas se comparan con el ISSA TB, cuyos resultados se interpretan de la siguiente manera:

#### 3.4.4.2 PRUEBA DE ABRASION BAJO AGUA (WTAT)

Esta prueba determina la resistencia al desgaste por abrasión de un mortero asfáltico simulando una superficie del pavimento saturada por agua, es decir, que con las muestras a ensayarse se simula las condiciones de un vehículo cruzando y frenando sobre pavimento mojado. Mediante esta prueba se definen los valores mínimos de emulsión asfáltica necesarios para obtener una mezcla con suficiente cohesión como para resistir la acción abrasiva del tráfico.

#### Norma

La norma a seguir para el ensayo de abrasión bajo el agua es la ISSA TB 100.

### **Interpretación de resultados:**

De acuerdo a los resultados obtenidos, por el ensayo de abrasión bajo el agua ISSA TB -100, los resultados del mortero asfáltico es de 420 g/m<sup>2</sup>, según las especificaciones técnicas debe ser menor a 807.0 g/m<sup>2</sup>, lo que indica que los resultados están dentro del parámetro requerido.

#### **3.4.4.3 PRUEBA DE LA RUEDA CARGADA O (HAMBURGO)**

La prueba de la rueda cargada determina el contenido máximo de emulsión asfáltica para morteros asfálticos por la medición de adhesión de arena en muestras sujetas a la simulación de cargas pesadas bajo la acción de una rueda, además de medir desplazamientos laterales por el mismo efecto (micro pavimentos).

#### **Norma**

La norma para el desarrollo de la prueba de la rueda cargada es la ISSA TB 109.

### **Interpretación de resultados:**

De acuerdo a los resultados obtenidos, por el ensayo de la rueda cargada o Hamburgo, de determina por el ISSA TB -109, los resultados del mortero asfáltico es de 420 g/m<sup>2</sup>, según las especificaciones técnicas debe ser menor a 538.0 g/m<sup>2</sup>, lo que indica que los resultados están dentro del parámetro requerido, lo que significa que se cumple con este ensayo.

#### **3.4.4.4 ENSAYO DE CONSISTENCIA, CON EL CONO, PARA MORTEROS ASFÁLTICOS.**

Este ensayo permite determinar la cantidad óptima de agua que debe poseer el mortero asfáltico para que tenga un adecuado desempeño al momento de ser aplicado sobre la vía en tratamiento.

## **Norma**

La norma a seguir para el ensayo de contenido de humedad óptimo es la ISSA TB 106., de (2 a 3 cm).

## **Interpretación de resultados:**

De acuerdo a los resultados obtenidos por el ensayo de consistencia, se determina por el método ISSA TB -106, y se determina el contenido óptimo de agua, para que el mortero asfáltico, tenga una consistencia cuyos parámetros estén en (2 a 3 cm.), los resultados del mortero asfáltico son de 2 cm., cuyos límites entre 1.9 y 3.0 cm., los resultados están dentro del parámetro requerido, lo que significa que cumple con las especificaciones de este ensayo.

### **3.4.4.5 PRUEBA DE MESCLADO MANUAL**

Esta prueba es considerada como, una “previa” al diseño del mortero asfáltico, ya que ésta prueba mediante pequeñas muestras de Slurry Seal a diferente porcentaje de agua y emulsión asfáltica permite visualizar claramente si hay o no compatibilidad entre los materiales. Adicionalmente, determina el tiempo mínimo de mesclado de las muestras para que lleguen al estado de rotura; y según las condiciones climáticas que presente el proyecto el laboratorista podrá escoger la muestra más adecuada para iniciar su diseño.

## **Norma**

La norma a seguir para el desarrollo de la prueba de mesclado manual es la ISSA TB 113. (180 seg. Mínimo).

## **Interpretación de resultados:**

De acuerdo a los resultados obtenidos por el ensayo de mesclado manual, se determina por el método ISSA TB -113, y se considera el tiempo mínimo de mesclado, para que el mortero asfáltico tenga una buena mescla y consistencia deberá considerarse mínimamente 180 segundos.

Los resultados del mortero asfáltico con referencia a la mezcla se consideró mayor a 180 min., lo que significa que cumple con las especificaciones de este ensayo.

#### **3.4.4.6 ENSAYO DE COHESION ISSA TB 139**

Clasifica el sistema en términos de cuán rápido la mezcla desarrolla una adecuada cohesión a fin de poder aperturar el tráfico.

##### **Norma**

La norma a seguir de cuán rápido desarrolla una adecuada cohesión es la ISSA TB 139

##### **Interpretación de resultados:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de cohesión, se determina por el método ISSA TB -139, y se considera como mínimo 12 Kg-cm., los resultados obtenidos son de 12 Kg-cm., cumpliendo la norma.

#### **3.4.4.7 EMULSION ASFALTICA DE FABRICANTE**

La emulsión asfáltica considerada para el trabajo de investigación, es de fabricación BITUPER S.A.C., Bitúmenes del Perú, cuyo producto es emulsión asfáltica catiónica BP-CSS-1H.

La emulsión considerada, cuenta con las características necesarias, para el diseño de la mezcla Slurry Seal Altiplánico en frío, cuyo control de calidad de la emulsión, se adjunta a la presente tesis.

Para el diseño de la mezcla en volúmenes, se debe considerar el código del producto que fue mencionado líneas arriba; en la figura N° 33 se muestra la emulsión que se ha adquirido para el trabajo de investigación y para la preparación de los especímenes en los porcentajes considerados de la emulsión, el que cumple con los estándares del ISSA.



**FIGURA N° 33**, En la fotografía se observa el Mortero Asfáltico utilizado para el diseño de mezcla, cuyo fabricante es BITUPER S.A.C, producto utilizado emulsión Catiónica BP-CSS-1H.

#### **3.4.5 DISEÑO DE MESCLA ASFÁLTICA EN FRÍO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA**

Esta actividad consiste en la elaboración de una mezcla con agregados seleccionados con un aglomerante bituminoso emulsificado, materiales que deben cumplir con los requisitos especificados, los cuales mezclados mediante procedimientos controlados, darán como resultado un material con propiedades y características definidas.

El proceso de diseño consiste en seleccionar el tipo y granulometría de los agregados pétreos además del tipo y contenido de asfalto, con la calidad suficiente, de manera que satisfagan los requisitos específicos del proyecto para obtener las propiedades deseadas en la mezcla.

El diseño implica conocer las propiedades de la mezcla, los efectos que causan sus componentes (algunas propiedades se contraponen debido al comportamiento de las mezclas), las condiciones en las cuales se desarrollará el proyecto.

#### **Materiales**

El material bituminoso para la fabricación de la mezcla, será una emulsión asfáltica seleccionada de acuerdo al tipo de agregados que se



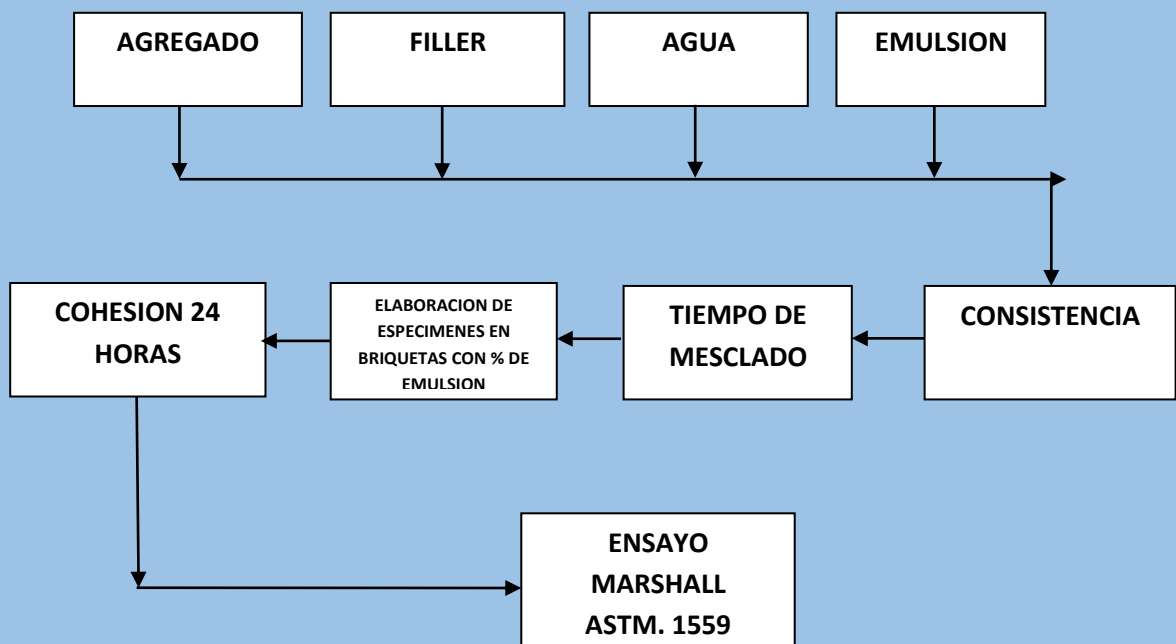
pretenda utilizar, dicho aglomerante debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma AASHTO M-140.

Ventajas:

- Sella grietas y rellena desniveles
- Impermeable, sella e impide la aparición de baches
- Mezcla electropositiva, se adhiere a casi cualquier superficie.
- Renueva pavimentos envejecidos, agrietados, acodrilados, degradados y con desniveles por el exceso de bacheo
- Bajo costo que permite reconstruir más vialidades con menos presupuesto
- No contamina, únicamente arroja al ambiente el agua con la que se mezcló.

#### Cuadro N° 14

#### 3.4.6 DIAGRAMA DEL DISEÑO DE LA MESCLA SLURRY SEAL ALTIPLANICO



### 3.4.7 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

Las briquetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimento son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto. El margen de contenido de asfalto usado en las briquetas de ensayo está determinado con base previa de los agregados de la mezcla.

Las mezclas se preparan de la siguiente manera:

- El asfalto y el agregado se mezclan completamente hasta que todas las partículas de agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en la planta.
- Las mezclas asfálticas en frío se colocan en moldes Marshall como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo Marshall de compactación mezcla al golpearla.
- Las briquetas son compactadas mediante golpes del martillo Marshall de compactación. El número de golpes del martillo (35, 50, ó 75) depende de la cantidad de tránsito para la cual la mezcla está siendo diseñada.
- Ambas caras de cada briqueta reciben el mismo número de golpes. Así, una probeta Marshall de 75 golpes recibe, realmente, un total de 150 golpes. Una probeta de 50 golpes recibe 100 impactos. Después de completar la compactación las probetas son extraídas de los moldes. Ambas caras de cada briqueta reciben el mismo número de golpes. Después de completar la compactación las probetas son extraídas de los moldes.



**FIGURA N° 34,** En la fotografía se observa el mesclado de los componentes considerados para la elaboración de briquetas con los especímenes considerados.



**FIGURA N° 35,** En la fotografía se observa la elaboración de testigos de los especímenes considerados, a 75 golpes en cada lado.



**FIGURA N° 36**, En la fotografía se observa la elaboración de los testigos de los especímenes considerados, en diferentes porcentajes de emulsión asfáltica.

#### 3.4.8 ENSAYO MARSHALL (ASTM D -1559, MTC E 504)

Este método determina el procedimiento para realizar los ensayos de estabilidad y fluencia de mezclas asfálticas preparadas en caliente y frío, utilizando el equipo Marshall, se determina las propiedades físicas mecánicas de las mezclas y analiza los parámetros que definen el contenido de asfalto. La estabilidad se determina empleando el principio de corte en compresión semi-confinada, sometiendo a la muestra a esfuerzos de compresión diametral. La aplicación de esfuerzos y la rotura de las muestras se consiguen con un dispositivo especialmente proyectado para las pruebas de estabilidad.

El valor de estabilidad representa la resistencia estructural de la mezcla compactada y está afectada principalmente por el contenido de asfalto, la composición granulométrica y el tipo de agregado. El valor de estabilidad es un índice de la calidad del agregado.

Además, la mezcla debe tener la fluidez necesaria para que pueda compactarse a la densidad exigida y producir una textura superficial adecuada. El valor del Flujo representa la deformación producida en el sentido del diámetro del espécimen antes de que se produzca su fractura. Este valor es un indicador de la tendencia para alcanzar una condición plástica y consecuentemente de la resistencia que ofrecerá la carpeta asfáltica a deformarse bajo la acción de las cargas que por ella transiten.

El contenido óptimo de asfalto se determina, de acuerdo a recomendación del Instituto del Asfalto (Manual MS - 2), a través de la media aritmética de los porcentajes que llevan a:

Esta media debe ser verificada en relación al valor de la fluencia y a los vacíos del agregado mineral (VAM), a fin de asegurar que la mezcla contenga un volumen de asfalto ( $V_b$ ) suficiente, sin que el volumen de vacíos de aire ( $V_v$ ) sea reducido a un valor inaceptable. Si no se cumplen las especificaciones, la granulometría del agregado debe ser modificada.

#### **3.4.9 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO MARSHALL**

Existen tres procedimientos de ensayo en el método del ensayo Marshall, estos son: determinación del peso específico total, medición de la estabilidad Marshall, y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas.

##### **3.4.9.1 DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO TOTAL**

El peso específico total de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos. El peso específico total se determina usando el procedimiento descrito en la norma AASHTO T 166.

### 3.4.9.2 ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA

El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla.

El procedimiento de los ensayos es el siguiente:

1. La briqueta es colocada a temperatura normal.
2. La briqueta es colocada en el aparato Marshall. El aparato consiste de un dispositivo que aplica a una carga sobre la briqueta y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).
3. La carga del ensayo es aplicada a la briqueta a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta puede resistir.
4. La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia.

### 3.4.9.3 VALOR DE ESTABILIDAD MARSHALL

El valor de estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Durante un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del aparato se acercan, y la carga sobre la briqueta aumenta al igual que la lectura en el indicador del cuadrante. Luego se suspende la carga una vez se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el valor de Estabilidad Marshall.

Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla a la deformación existe una tendencia a pensar que si un valor de estabilidad es bueno, entonces un valor más alto será mucho mejor.

Para muchos materiales de ingeniería, la resistencia del material es, frecuentemente, una medida de su calidad; sin embargo, este no es necesariamente el caso de las mezclas asfálticas en caliente. Las estabilidades extremadamente altas se obtienen a costa de durabilidad.

#### **3.4.9.4 VALOR DE FLUENCIA MARSHALL**

La fluencia Marshall, medida en centésimas de pulgada representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la disminución en el diámetro vertical de la briqueta.

Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad Marshall son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas y tiene tendencia a deformarse bajo las cargas del tránsito.

#### **3.4.9.5 ANÁLISIS DE DENSIDAD DE VACÍOS**

Una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de Probetas de prueba. El propósito del análisis es el de determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada

Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. El porcentaje de vacíos se calcula a partir del peso específico total de cada probeta compactada y del peso específico teórico de la mezcla de pavimentación (sin vacíos). Este último puede ser calculado a partir de los pesos específicos del asfalto y el agregado de la mezcla, con un margen apropiado para tener en cuenta la cantidad de asfalto absorbido por el agregado, o directamente mediante un ensayo normalizado (AASHTO T 209<sup>1</sup>) efectuado sobre la muestra de mezcla sin compactar. El peso específico total de las probetas compactadas se determina pesando las probetas en aire y en agua.

#### **3.4.9.6 ANÁLISIS DE PESO UNITARIO**

El peso unitario promedio para cada muestra se determina multiplicando el peso específico total de la mezcla por 1000 Kg/m<sup>3</sup> (62.4 lb/ft<sup>3</sup>).

#### **3.4.9.7 ANÁLISIS DE VMA**

Los vacíos en el agregado mineral, VMA, está definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregado de la mezcla de pavimentación compactada, incluyendo los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto, y se expresan como un porcentaje del volumen total de la mezcla. El VMA es calculado con base en el peso específico total del agregado y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla compactada. Por lo tanto, el VMA puede ser calculado al restar el volumen de agregado (determinado mediante el peso específico total del agregado) del volumen total de la mezcla compactada.

#### **3.4.9.8 ANÁLISIS DE VFA**

Los vacíos llenos de asfalto, VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. El VMA abarca asfalto y aire, y por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de aire de VMA, y luego dividiendo por el VMA, y expresando el valor final como un porcentaje.

### **3.5 RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL POR CORTE EN COMPRESION DE LAS BRIQUETAS.**

Los resultados obtenidos en laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos, en la elaboración de briquetas de los especímenes considerados en el presente trabajo de investigación se han considerado los siguientes porcentajes 11%, 12% 13%, 14% y 15%, de emulsión asfáltica, considerando los agregados y filler, que han cumplido con los estándares del ASTM D – 1559, cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro.



## Cuadro N° 15

### RESUMEN DEL ENSAYO MARSHALL DE CORTE EN COMPRESIÓN DE LAS BRIQUETAS CON PORCENTAJE DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

#### ASTM D- 1559

% de CA. En peso de Mescla	N° de Golpes en cada lado	Estabilidad (Kg) Especificación Min 815	Fluencia (mm) Especificación 2.0 – 4.0	% de Vacíos de Aire Especificación 3.0 – 5.0	Peso Unitario Especificación 3.0 – 5.0	Estabilidad Flujo Kg/cm. Especificación 1700 – 4000
11%	75	971	3.133	7.567	2.051	3,100
12%	75	1,089	3.517	4.933	2.096	3,099
13%	75	1,154	3.883	4.367	2.122	2,971.4
13.60%	75	1,148	4.20	4.100	2.125	2,749.7
14%	75	1,118	4.347	4.833	2.119	2,573
15%	75	1,090	4.96	7.267	2.077	2,197

*Fuente: Resultados Obtenidos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos Consorcio Mañazo*

#### 3.5.1 Interpretación de resultados cuadro N°15

Los resultados finales obtenidos en el ensayo Marshall, se considera al espécimen de briqueta con porcentaje del 13.60% con cemento asfáltico, cuyos resultados están dentro de los parámetros del ASTM D- 1559.

#### 3.5.2 MUESTRA: BRIQUETA CON 11% DE MORTERO ASFÁLTICO:

Agregado fino 98% + 2% Cal

Porcentaje de C.A. en peso de mescla: 13.60%

N° de Golpes en cada lado: 75 a cada lado

Estabilidad (kg): 971. Resistencia de la briqueta

Fluencia (mm): 3.133. Deformación de la briqueta

% de vacíos de Aire: 7.56. Porcentaje de vacíos en la mescla compactada.

Peso Unitario: 2.051 Se determina multiplicando el peso específico total de la mezcla por 1000 Kg/m<sup>3</sup> (62.4 lb/ft<sup>3</sup>).

Estabilidad Flujo (kg/cm): 3,100. Resistencia de la briqueta

### **3.5.3 MUESTRA ÓPTIMA: BRIQUETA CON 13.60% DE MORTERO ASFALTICO:**

Agregado fino 98% + 2% Cal

Porcentaje de C.A. en peso de mezcla: 13.60%

N° de Golpes en cada lado: 75 a cada lado

Estabilidad (kg): 1140. Resistencia de la briqueta

Fluencia (mm): 4.20. Deformación de la briqueta.

% de vacíos de Aire: 4.050. Pporcentaje de vacíos en la mezcla compactada, es la mas baja en porcentaje.

Peso Unitario: 2.125

Se determina multiplicando el peso específico total de la mezcla por 1000 Kg/m<sup>3</sup> (62.4 lb/ft<sup>3</sup>).

Estabilidad Flujo (kg/cm): 2714. Resistencia de la briqueta

### **3.5.4 PROPORCIONES DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO**

Mescla de Agregados

Arena natural zarandeada pasante malla 3/8"	98%
Filler (Cal Hidratada)	2%
Emulsión Asfáltica	13.60%

Dosificación para el mortero asfaltico

% Respecto al agregado seco

Emulsión	13.60%
Agua para recubrimiento	13.50%
Filler (cal hidratada)	2.00%

Respecto a M3 de agregado seco

PUSS	1,521.00 Kg/m3
Emulsión Asfáltica Catiónica BP-CSS-1H	54.50%
Agua para recubrimiento	54.20%
Filler (cal hidratada)	30.40%

Los resultados del Ensayo Marshall, indican que la muestra con 13.60% de Cemento Asfáltico, cumple con las especificaciones de la ASTM D- 1559, donde los agregados de la cantera Isla rio Unocolla y las materias primas (filler), agua, y la emulsión asfáltica utilizada, cumplen para el diseño de la mezcla del Slurry Seal Altiplanico, para la rehabilitación de superficies de las vías de la ciudad de Juliaca, cuyas proporciones de materiales del diseño del Slurry Seal Altiplanico se han demostrado mediante resultados de laboratorio de mecánica de suelos, en la presente investigación de tesis.



**FIGURA N° 37**, En la fotografía se observa los testigos secos en un periodo de 24 horas, para luego someterlos al Ensayo Marshall.



**FIGURA N° 38**, En la fotografía se observa el equipo Marshall, cuyos resultados se dan por el principio de corte por compresión en la rotura de los testigos y los resultados a obtener.

#### **4.0 APLICACIÓN DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE VIAS.**

Según el manual Centro americano de vías, define mantenimiento al conjunto de todas las acciones que tienen como objetivo mantener o restaurar las vías y sus componentes, al estado en el cual pueda brindar el nivel de servicio requerido y para el que fue diseñado.

Los tipos de deterioro más frecuentes en las calzadas de pavimentos flexibles son: peladuras por envejecimiento o por acción del agua, grietas diversas, depresiones, bordes destruidos, baches de distinta magnitud, etc., de acuerdo al grado de deterioro que presente la calzada, se deberá seleccionar el tipo de material de mezcla más adecuada.

Las emulsiones asfálticas en frío (microsurfacing) corresponden a aplicaciones de emulsiones asfálticas con agregados, utilizadas principalmente en la conservación de pavimentos flexibles.

Es aplicado efectivamente en superficies de pavimentos de concreto asfáltico donde el principal problema es la oxidación excesiva y endurecimiento del

asfalto existente. Además es utilizado para sellar grietas menores y evitar o retardar el efecto de desprendimiento (raveling) particularmente en las calles de la ciudad de Juliaca.

#### **4.1. PROCESO DE COLOCACION**

Una vez obtenido el apropiado diseño del mortero asfáltico, se procede con la colocación del mismo. El tener un equipo adecuado y personal calificado es de gran ventaja para el buen desenvolvimiento en la obra, debido a que se abarata costos, se evita muchas fallas y no hay desperdicios ni pérdida de tiempo.

Por esta razón hay que considerar día a día el lugar donde se va a aplicar el mortero asfáltico, de tal forma que los tendidos tiendan a ser perfectos y así evitar que el trabajo este mal ejecutado, o exista desperdicios de agregados, emulsión, agua y filler siempre y cuando lo amerite.

Para la aplicación del mortero asfáltico sobre la vía hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

##### **4.1.1 CLIMATOLOGIA**

La temperatura y humedad ambiente del pavimento juegan un papel muy importante en la rotura y curado del mortero asfáltico, debido a que aceleran la cinética de la reacción y de igual manera aumenta la evaporación del agua.

Mientras tanto, a bajas temperaturas sucede todo lo contrario, es decir, se retarda el tiempo de rotura y el de curado por esto hay que tener en cuenta esta situación. En general este tipo de tratamientos no deben aplicarse a temperaturas de congelación; de igual manera no es recomendable cuando las condiciones climatológicas prolonguen el tiempo de curado del mortero asfáltico o exista posibilidad de lluvia.

##### **4.1.2 OBRAS DE DRENAJE EN LA VIA**

El sistema de drenajes de una vía comprende todas las construcciones que se destinan a la conducción controlada de las aguas.

Los objetivos principales de los sistemas de drenajes viales son:

- Permitir el escurrimiento rápido de la lluvia hacia los sitios de descarga.
- Permitir el paso a través de la vía de las aguas superficiales provenientes de precipitaciones o de corrientes naturales.
- Controlar y evitar la acumulación de aguas freáticas que impliquen daños para la vía.
- En general, prever el deterioro de la vía y sus componentes como resultado de la circulación de aguas superficiales y subterráneas.

Para el cumplimiento de los objetivos trazados se deberá considerar los siguientes puntos:

- Evitar que las obras de drenaje estén obstruidas por materias sólidas o hierbas en más de un 20% de su sección transversal o una tercera parte (1/3) de su luz libre.
- Mantener una revisión constante de las juntas, reposición o cambio de apoyos, reparación de socavaciones y elementos de seguridad.
- Realizar la reposición o reparación de toda obra de drenaje que se encuentre en mal estado.
- La limpieza de las obras de drenaje se deben hacer en toda su longitud, y no solo en sus extremos.
- En general, se debe impedir la existencia de aguas no controladas en la vía, para evitar la erosión de taludes, derrumbes, socavación de estructuras y rotura de pavimentos.

#### **4.1.3 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS Y OTRAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE.**

Esta actividad consistirá en la recolección, extracción y remoción de todo tipo de materiales que se encuentren depositados en la sección de cada una de las alcantarillas, cajas y canales de entrada y salida, independientemente de su dimensión respectiva, incluyendo además la limpieza y remoción de todo material que se encuentre en otros elementos que conformen el drenaje.

La limpieza incluye la obra de arte misma, así como sus cauces de entrada y salida existente dentro del derecho de vía de la carretera y hasta una longitud de 50 m., dentro de cauces naturales aguas arriba y aguas debajo de la obra de arte.

En caso de haber impedimentos para limpiar cauces fuera del derecho de vía, esto debe ser puesto en conocimiento del Supervisor quien debe resolver el caso.

La limpieza de las alcantarillas y cajas debe ser hecha utilizando fundamentalmente mano de obra y herramientas manuales, a menos que por razones especiales sea necesario el uso de algún equipo mecánico, cuando esto suceda la cantidad y tipo de equipo debe ser aprobado por el Supervisor.

La limpieza de los canales de entrada y salida debe hacerse utilizando herramientas manuales salvo autorización previa del Supervisor.

Cuando estos canales se encuentren azolvados como producto de depósito o sedimentación de suelos, basura, maleza o cualquier otro material deben ser objeto de excavación y remoción hasta conseguir darles la forma, sección y pendiente originales.

Todos los materiales extraídos en el desarrollo de las labores anteriormente descritos, constituyen desperdicio y deben ser removidos de la zona y transportados a sitios en donde no representen problemas de carácter ecológico o problemas inminentes a los drenajes, sitio que debe ser aprobado previamente por el Supervisor.

Las labores involucradas en la ejecución de esta actividad se deben hacer sin causar daño a los muros de los cabezales de entrada o de salida así como a la tubería de la alcantarilla o cualquier elemento presente y de carácter necesario para el adecuado funcionamiento de la estructura.

#### **4.1.4 REPARACION Y LIMPIEZA DE CUNETAS**

Este trabajo consiste en la limpieza total, carga y acarreo a botaderos previamente aceptados por el Supervisor, de los desechos provenientes de la limpieza de las cunetas y contra cunetas de la carretera.

Toda materia extraña debe ser eliminada, mediante métodos que no causen daños a las estructuras que forman las cunetas. La limpieza debe ser total para que las aguas pluviales corran sin obstrucción alguna.

No se permite dejar desechos, en montículos cercanos a dichas obras de arte, que puedan por efecto de las lluvias volver a obstruir estas estructuras.

No se permite botar desechos de material producto de la limpieza, en cuencas, vías o lugares en que se pueda atentar contra la estética o la ecología de la zona.

En caso de reparación total o de ciertos tramos de cuneta, se debe hacer un diseño de hormigón simple de una resistencia  $f_c' = 180 \text{ kg/cm}^2$ . El hormigón dañado es retirado para luego ir reparando los sitios de fundación del hormigón.

#### **4.1.5 SELLO DE FISURAS Y GRIETAS.**

El sello de fisuras y grietas es una actividad de mantenimiento preventivo y se debe realizar cuando estas se han reflejado adecuadamente en el pavimento, las cuales pueden aparecer longitudinal o transversalmente en la línea de rodadura, con el fin de impermeabilizar las capas que forman la estructura del pavimento, evitando inicialmente la falla tipo piel de cocodrilo y luego la formación de baches.

Esta actividad no podrá ser ejecutada en los siguientes casos:

En aquellas áreas donde las grietas formen bloques interconectados de carácter poliédrico, semejante a la piel de cocodrilo, cuya formación se debe en mayor parte a la fatiga del pavimento que es ocasionado por sobrepeso en los ejes vehiculares

Cuando existan deflexiones en las grietas, lo cual muestra que ya existe un daño en la base.



Cuando los pavimentos se encuentren excesivamente deteriorados o muestren altas zonas con bacheo menor o mayor.

Las fisuras y grietas a sellarse no deben superar los 12 mm de ancho. Las que sobrepasen esta medida, serán tratadas con el procedimiento adecuado.

Debe verificarse que el pavimento no muestre señales de humedad, las cuales provocarían una falta de adherencia del material y posterior desprendimiento del mismo.

Estos Sellos están conformados de la siguiente manera:

- Llenado de la ranura a ras (Standard reservoir and flush)
- Llenado de la ranura a ras con venda (Stándar recessed band aid)
- Llenado debajo de la venda (Shallow recessed band aid)
- Venda ó curita (Overband)
- Llenado a ras (Flush fill)



Figura N° 39 Tipos de sellos con mezcla asfáltica

Los sellos tipo venda o curita deben de tener un espesor aproximado de 0.125 pulgadas (3 milímetros) y un ancho mínimo de 3 pulgadas (75 milímetros).

Para los casos a), b) y c) en los que se realizará un perfilado de la grieta en un espesor máximo de ½ pulgada (12.7 milímetros), es recomendable evaluar este trabajo en las grietas, debido a que se genera un desportillamiento de los agregados del pavimento, aumentando el ancho de la sección a una pulgada o más la cual consume más material de sellado y en algunos casos permite el desprendimiento del material de sellado, para lo cual, de observarse esta situación, deberá omitirse este proceso de la actividad de sellado.

Cuando las condiciones del perfilado sean dañinas al pavimento, se recomienda realizar un sello de grietas tipo d) o e), debido principalmente a que no se provoca daño al pavimento existente durante la ejecución de este trabajo y el material posee suficiente adherencia e impermeabilidad para evitar el paso del agua a las capas adyacentes del pavimento.

El material de sellado de grietas/juntas no deberá salir sobre el perfil superficial, ya que puede ser dañado por los deslizadores y estructura de las cajas esparcidoras/terminadoras durante la aplicación del mortero asfáltico, dejando obstáculos o marcas. La acumulación de material de sellado en la superficie del pavimento es particularmente problemático durante climas cálidos y usan placas metálicas para enrasado en cajas esparcidoras. Es mejor mantener el material de sellado de grietas debajo o al ras de la superficie. También cualquier sellado en mal estado deberá ser raspado y retirado de la superficie antes de la aplicación del mortero asfáltico.

#### **4.1.6 BACHEO MAYOR (REPARACION DE AREAS DE FALLA)**

Son las zonas inestables bajo la estructura del pavimento de una carretera, independientemente que la inestabilidad sea producida por problemas de la capa de rodadura, por saturación del suelo circundante, material inadecuado o por contaminación de cualquier naturaleza.

Estas áreas con problemas deben ser reparadas con el objeto de devolver la sustentación estructural original de la carretera y para proporcionar el confort y la seguridad esperada del mismo.

Debido a que las diferentes labores que deben emprenderse para dar solución al problema planteado, tendrán variaciones que estarán en función directa del área superficial a tratar y de la profundidad en que se haya visto afectada la estructura, se hace necesario separar las diferentes labores involucradas en la solución, enfrentándolas desde un punto contextual que permita suministrar a los involucrados, una herramienta que trate con equidad el esfuerzo hecho en la realización de tales tareas , siendo estas:

a) **Excavación:** Este trabajo consiste en la excavación y remoción de todo aquel material inadecuado, por razones de inestabilidad y reflejado en el

pavimento, ya sea por medio de agujeros en la superficie, hundimiento localizado, grietas poliédricas, ensanchamiento o cualquier otra forma de falla. La excavación del área tratada debe hacerse hasta el nivel y en la forma que el Supervisor indique al Contratista.

b) **Material de Relleno:** Este trabajo consistirá en la reposición de material previamente extraído en la actividad de excavación, cuando la misma haya sido ejecutada hasta niveles inferiores a la sub-base, la reposición debe hacerse con material libre de materia orgánica, terrones de arcilla, basura u otros componentes indeseables, el cual será producto de la explotación de bancos de préstamo aprobados por el Supervisor. El nivel superior máximo de relleno en esta actividad, debe coincidir con el nivel inferior de la sub-base de la estructura existente.

c) **Relleno con Material de Base Triturada:** Este trabajo consistirá en el relleno con material de base previamente extraído del sitio de préstamo. La profundidad máxima de colocación de la base, no debe exceder la cota fijada por el nivel inferior de la sub-base en la estructura existente y debe rellenarse hasta el nivel superior de la base.

d) **Relleno con concreto asfáltico:** El trabajo consistirá en la aplicación de un riego asfáltico para imprimación a la base previamente colocada; sobre la cual, se debe colocar el espesor de material de concreto asfáltico, para dejar el área de trabajo al mismo nivel de la superficie de rodadura existente. El nivel inferior de colocación del concreto asfáltico debe coincidir por lo menos con el nivel inferior de la carpeta existente; en el caso de que la superficie de rodadura haya sido construida mediante algún tipo de tratamiento superficial, el espesor mínimo de concreto a colocar, debe ser de cinco centímetros.

#### **4.1.7 BACHEO SUPERFICIAL O MENOR**

Es la desintegración parcial o total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.

Consiste en la reparación a mano o a máquina de estas áreas de superficie pavimentada, realizada con mezcla en frío ó caliente, con un espesor máximo igual a la existente, incluyendo la excavación, extracción y cuadrado del área a reparar, y colocación de mezcla asfáltica.

Procedimiento de ejecución:

Excavación.- el área a de ser marcada por el supervisor, debiendo ser dos de sus lados perpendiculares al eje de la vía, el fondo de la excavación debe nivelarse y compactarse adecuadamente y debe quedar libre de material suelto.

Los baches excavados deben rellenarse el mismo día, no se permite trabajarlos al día siguiente.

Aplicación de Liga.- será aplicada sobre toda la superficie excavada, libre de material suelto y polvo, aplicándola en toda el área, incluyendo las paredes en proporciones que podrán variar desde 0.3 a 0.6 litros por metro cuadrado de superficie, y debe calentarse a una temperatura entre 60 a 80 °C., se de colocar con cuidado para evitar la formación de charcos. Se debe permitir que el asfalto penetre en la base durante el tiempo necesario según lo indique el supervisor.

Transporte de la mezcla.- la mezcla debe ser transportada al sitio de colocación en vehículos con palanganas de volteo limpios de todo material extraño que pueda afectar la mezcla.

Colocación de la mezcla asfáltica.- el material se extenderá a mano en una o dos capas de espesor similar, mediante el uso de carretillas de mano y rastrillo extendedores, sin permitir la segregación de los materiales y de acuerdo a los requerimientos establecidos. El nivel del bacheo terminado debe quedar a ras del nivel de la vía. La colocación de la mezcla asfáltica no debe efectuarse cuando la superficie del bache se encuentre en estado insatisfactorio o con señales de humedad excesivas. Las áreas de la mezcla asfáltica inaccesibles para el compactador manual, deberán compactarse satisfactoriamente mediante el uso de mazos apisonadores aprobados. La compactación de la mezcla deberá comenzar en los bordes y avanzar hacia el centro.

Retirar dispositivos de seguridad en orden a como fueron colocadas.

Trabajos de mantenimiento:

Se agrupan en cinco categorías generales:

- **Mantenimiento rutinario.**- comprende la realización de todas aquellas actividades requeridas para conservar una vía en buen estado, las cuales se repiten una o más veces al año.
- **Mantenimiento periódico.**- se realizan en periodos programados generalmente de más de un año de intervalo, para elevar la vía a un nivel de servicio bueno.
- **Mantenimiento preventivo.**- consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas en la vía que han sido identificadas como defectuosas, o con alto riesgo de que ocurran, antes de que estas sucedan.
- **Mantenimiento por administración.**- se realiza en los casos donde los trabajos que deben realizarse no se puedan cuantificar, no existe una partida de pago en el contrato para cubrirlos o son para ejecutar obras de emergencia o no previstas. En estos casos es necesario proceder con la modalidad de trabajos por administración.

#### 4.1.8 LIMPIEZA DE LA VIA

Antes de aplicar el mortero asfáltico, la superficie debe ser limpiada de basura, polvo, arcilla, vegetación, excremento de ganado, aceite, combustibles o cualquier otro material extraño que perjudique una buena adherencia con el pavimento. De igual forma los materiales provenientes de derrumbes causados por el desprendimiento de taludes de corte o del terreno natural, que al caer sobre la sección de la carretera, podrán obstaculizar, parcial o totalmente, las cunetas, alcantarillas, salidas de agua, canales de entrada y desfogue de las cajas, hombros y uno o más carriles de circulación, impidiendo la circulación vehicular o las corrientes pluviales sobre las estructuras de drenaje.

Cualquier método de limpieza de la superficie adecuado puede aceptarse, si se emplea agua limpia. Las grietas deben de secarse con aire a presión o dejar el tiempo suficiente para que se sequen antes de aplicar el mortero asfáltico.

Las válvulas de agua, tapas de drenaje, registros de teléfonos etc., deben de ser protegidos debidamente antes de iniciar el trabajo.

#### **4.1.9 CALIBRACION Y VERIFICACION DE LA MAQUINA PAVIMENTADORA DE MORTERO ASFALTICO.**

Las maquinas autopropulsadas son diseñadas para velocidades de trabajo de 1 a 4 km/h y son capaces de aplicar hasta 450 toneladas métricas de mortero asfáltico por día. Una unidad montada en camión totalmente cargada, puede producir generalmente entre 0.4 y 0.5 km lineales de producto acabado.

Una maquina aplicadora debe de estar calibrada previamente antes de iniciar cualquier trabajo. Después de calibrar la máquina, la documentación que ampara su uso y la de los materiales será aceptada de acuerdo al calendario de la obra.

Para su verificación se debe hacer la aplicación de algunas franjas con el mortero asfáltico, después de haber calibrado la máquina y antes de iniciar el trabajo formalmente. Esta aplicación de prueba debe de realizarse en condiciones reales de horario de trabajo.

Se tomarán muestras de la mezcla del mortero asfáltico para verificar las cantidades de sus componentes. Si existiera alguna falla se aplicarán otras franjas de prueba nuevamente, hasta que sean aceptadas.

#### **4.1.10 CONTROL DE TRANSITO**

El contratista debe de hacer uso de los métodos más adecuados para proteger el tratamiento superficial al paso de los vehículos hasta que el tratamiento esté completamente curado y tenga la estabilidad necesaria.

#### **4.1.11 APLICACIÓN**

##### **4.1.11.1 CUADRILLA DE CONSTRUCCIÓN**

El éxito en la construcción de morteros asfálticos, depende del conocimiento y habilidad de la cuadrilla que opera la máquina. Las agencias usuarias han indicado que la calidad del trabajo mejora a medida que aumenta la experiencia adquirida por los trabajadores de las empresas contratistas. Una cuadrilla básica

de aplicación consiste en un operador/supervisor, un chofer y de 3 a 5 obreros. Durante la aplicación, el chofer es responsable de guiar la máquina y asegurar que esta permanezca en la ruta trazada. El operador en la parte trasera controla la velocidad y la operación de aplicación, así como también es de ajustar las cantidades de agua y aditivos. Los obreros son necesarios para realizar trabajos manuales requeridos, colocar y mover la señalización de control de tránsito, ayudar en labores del cargado de materiales y la limpieza del equipo.

#### **4.1.11.2 CONSISTENCIA DE LA MEZCLA Y SU APLICACIÓN**

Cuando la mezcla del mortero asfáltico se deposita en la caja esparcidora, deberá de tener la consistencia y estabilidad deseadas. Si la mezcla es muy rígida, puede fraguar prematuramente en la caja esparcidora o arrastrarse bajo la barra niveladora de acabado, por el contrario si es demasiado fluida, la mezcla puede segregarse o correr en canales y los finos enriquecidos con ligante pueden migrar hacia la superficie produciendo una superficie de fricción irregular. Algunas de estas irregularidades fueron notadas en ciertos proyectos, pero mezclas ligeramente secas se comportaron generalmente mejor que mezclas con más humedad.

Durante el diseño de la mezcla, se determina un contenido óptimo de agua para aplicación en el campo, una vez ahí la cantidad de agua necesaria en la mezcla es afectada por la cantidad de humedad en el agregado, la humedad ambiental, el viento, la temperatura y la cantidad de humedad que la superficie del pavimento absorbe. A medida que las condiciones cambian el operador debe cambiar las cantidades de agua para mantener una consistencia uniforme. Los ajustes en el campo deben permanecer dentro del rango de diseño. Durante la operación de extendido, la caja esparcidora debe ser ajustada para proveer una cantidad de aplicación que llene completamente los vacíos superficiales y aplique un recubrimiento uniforme.

Las aplicación para sellos texturizados en carreteras de alto volumen de tráfico varían de 8 a 20 kg/m<sup>2</sup>, dependiendo del peso por unidad (granulometría) del agregado, las condiciones del pavimento y el espesor promedio de la superficie que se selecciona en base a los volúmenes de tráfico. Generalmente para espesores de 6 a 13 mm de espesor en una sola aplicación, se usan de 8 a 16

kg/m<sup>2</sup>. La rata de aplicación para vías escarificadas varía dependiendo de las irregularidades de la superficie, para recuperación de ahuellamientos la cantidad de aplicación varía de acuerdo a la profundidad del surco.

#### **4.1.11.3 APLICACIONES MANUALES**

En algunas aplicaciones, especialmente en zonas urbanas, existen pequeñas áreas a las que no se puede acceder con la máquina y que será preciso rematar manualmente o con la ayuda de una concretera.

Es conveniente ir haciendo este tipo de trabajos al mismo tiempo que el de la máquina, para que no se noten los empates y juntas. El personal debe de ser especializado y entrenado ya que de esto dependerá la calidad del trabajo.

#### **4.1.11.4 TOLERANCIAS**

Las tolerancias tanto para los materiales como para la mezcla son los siguientes:

- Una vez calculado el contenido óptimo de asfalto, se puede aceptar una variación en  $\pm 1\%$ .
- El porcentaje que pasa para cada tamaño del agregado, no debe variar en  $\pm 4\%$  de cada porcentaje de la curva granulométrica aceptada para el proyecto.
- La consistencia del mortero asfáltico no debe de variar en  $\pm 0.5$  cm de acuerdo a la fórmula de trabajo, después de haber hecho los ajustes en la construcción.

## **4.2 EQUIPOS A UTILIZAR**

El equipo para aplicar el mortero asfáltico debe ser del tipo continuo. Todas las máquinas deben de tener forma de dosificar con precisión la cantidad de materiales que se van a requerir. Todos los mecanismos que tengan, deben de proporcionar una alimentación continua y uniforme de los materiales durante el mezclado. Deben de contar con algún sistema con el que se puedan calibrar las cantidades de los materiales que se vayan a emplear durante un tiempo predeterminado. La maquinaria y todo el equipo complementario que se emplea para realizar el trabajo, debe de mantenerse en condiciones óptimas de trabajo.



El equipo mínimo indicado y señalado por las especificaciones MOP-001-F 2000 sección 405-7.03. y la ISSA A105, que deberá disponer el Contratista para la preparación, distribución y aplicación de la capa de mortero asfáltico es:

#### 4.2.1 MÁQUINA PAVIMENTADORA DE MORTERO ASFÁLTICO

La máquina pavimentadora de mortero asfáltico debe estar montada sobre un camión o sobre una unidad auto-propulsada y estará equipada con:

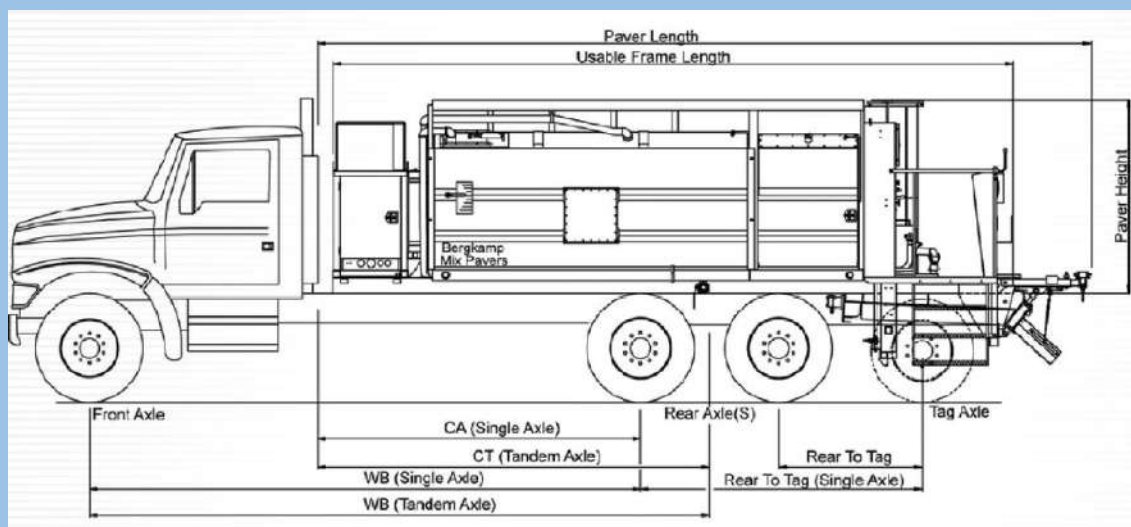


Figura N° 40 Máquina pavimentadora

**Sistema de Agregados.-** Compuesto por tolva almacenadora de agregados, banda transportadora de neopreno tipo continuo sobre rodillos para alimentación al mezclador, vibrador de frecuencia variable, compuerta de apertura variable con contador digital para su calibración. A cualquier velocidad dada de la banda, la rata a la cual el agregado es vertido en el mezclador, puede ser controlada variando la posición vertical de la compuerta graduada situada directamente encima del rodillo.

**Sistema de Emulsión.-** Compuesto por tanque de almacenamiento con indicador de nivel, bomba de desplazamiento positivo encamisada térmicamente para alimentación y recirculación.

**Sistema de Agua.-** Compuesto por tanque para almacenamiento con indicador de nivel, bomba centrífuga, barra rociadora de agua, tuberías de conexión, medidor de flujo y válvula solenoide electro-neumática de apertura y cierre. El

agua es suministrada a presión tanto al mezclador como a la barra rociadora para humedecer la vía y a la manguera manual que es usada para limpiar el mezclador y la caja de esparcimiento.

**Sistema Alimentador del Relleno Mineral.**- Compuesto por tolva almacenadora, alimentador tipo gusano sin fin de acción reversible y velocidad variable.

**Sistema de Aditivo.**- Compuesto por tanque de almacenamiento anti-corrosivo, bomba alimentadora de desplazamiento positivo con velocidad variable y medidor de flujo.

**Sistema de Mezclado.**- Equipado con mezclador de ejes gemelos con paletas de giro reversible (tipo “pugmill”). El espacio comprendido entre las paletas y la cámara de mezclado está de acuerdo a la granulometría máxima del mortero asfáltico (Tipo III).

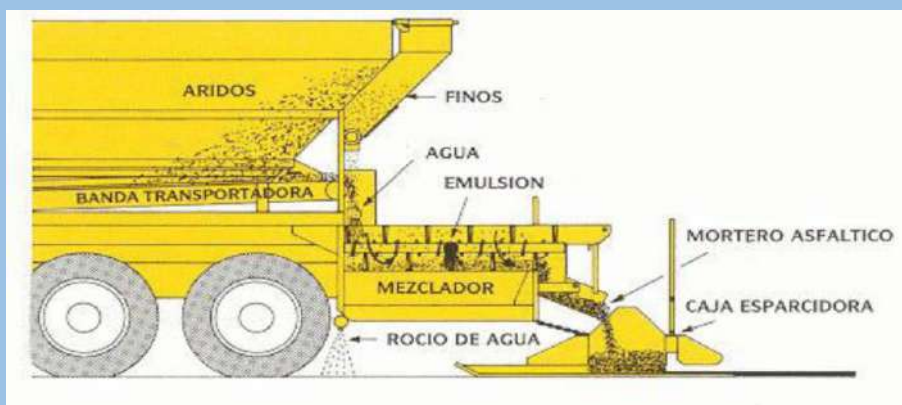


Figura N° 41 Mezcladora

**Caja Terminadora/Esparcidora.**- De expansión hidráulica inclusive en movimiento, equipada con gusanos sin fin de control hidráulico reversible y velocidad variable para esparcir la mezcla, controles de espesor de mezcla, barra secundaria con dispositivos de neopreno o uretano para el terminado final de la aplicación. El objetivo de esta barra es ajustar el terminado de la superficie de rodadura con las características de rugosidad requeridas.

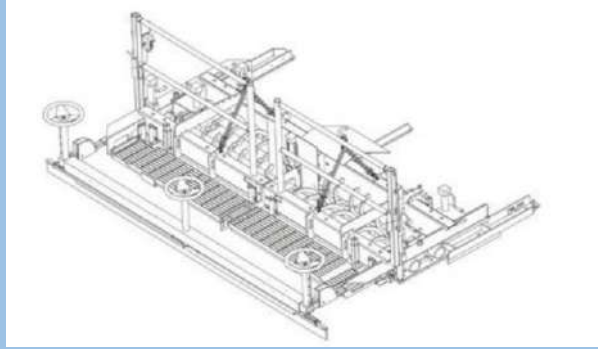


Figura N° 42 Esparcidora

Dispositivos de Dosificación.- La máquina estará equipada con controles individuales de alimentación en volumen o peso, para la dosificación exacta de todos los materiales que se suministren al mezclador. Las cantidades de emulsión, agregados y relleno mineral son fijadas antes de la aplicación, solamente el agua y el aditivo especificados en el diseño, deberán de ser controlados durante el tendido en obra en función de las condiciones climáticas.

#### 4.2.2 BARREDORA MECÁNICA

La barredora mecánica se utiliza para el barrido de la vía como método de limpieza con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de polvos y materiales nocivos al mortero asfáltico



Figura N° 43 Barredora Mecánica

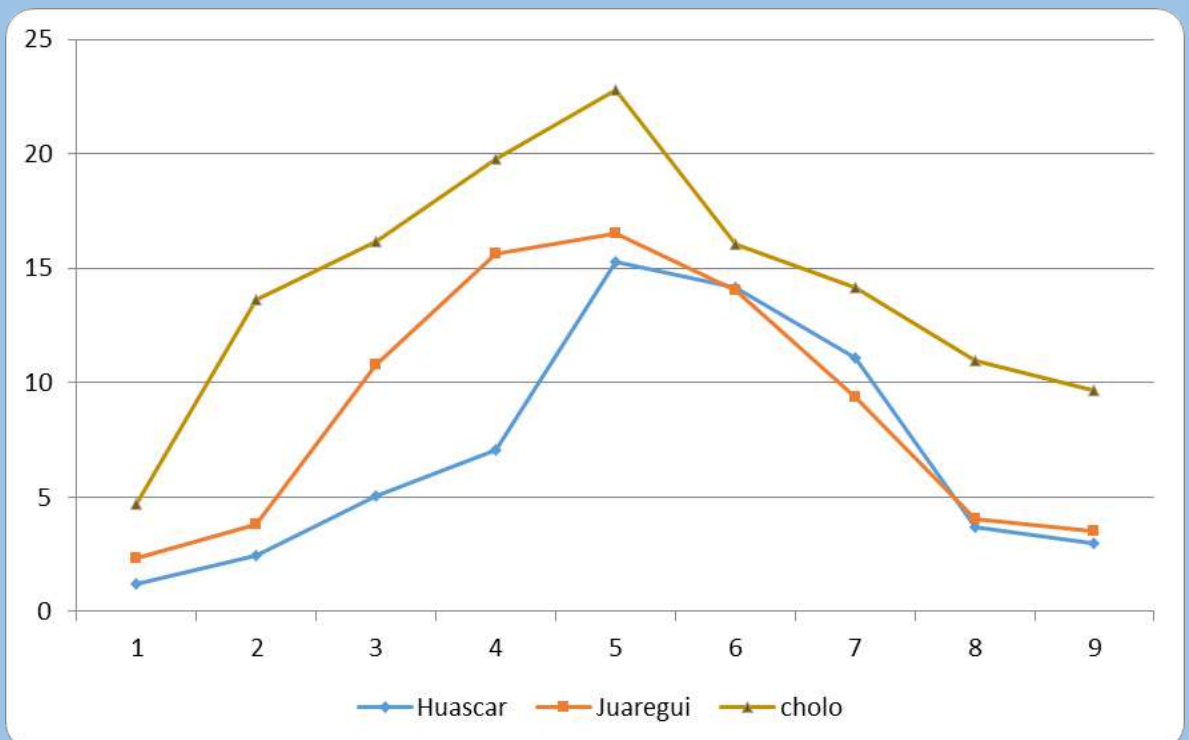
# CAPÍTULO IV

## IV PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 PRESENTACIÓN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

En el presente capítulo se presenta las tablas y gráficos estadísticos, referente al comportamiento del Slurry Seal Altiplánico para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca, cuyo procesamiento de datos se ha hecho haciendo uso del paquete estadístico del SPSS y Microsoft Excel.

		Medidas de tendencia central y de dispersion						
		n	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Varianza
Obra	Jr. Huascar	9	1,22	15,26	7,00	5,08	1,22	27,64
	Jr. Jauregui	9	2,33	16,54	8,89	9,34	2,33	31,95
	Parque el Cholo	9	4,72	22,81	14,22	14,18	4,72	29,21



## **Interpretación**

En el Jr. Huáscar para la evaluación de la muestra en la que se presentan respectivamente el análisis, se observa que la media es de 8.89; mientras que la Mediana indica que el 50% del total de los valores es de 9.34; la moda que presentan en la mayoría de los valores es 2.33; el valor máximo es de 16.54 y en cambio el valor mínimo es 2.33; Los valores que varían con respecto a la media en 31.95.

En el Jr. Jáuregui para la evaluación de la muestra en la que se presentan respectivamente el análisis se observa que la media es de 7.0; mientras que la Mediana indica que el 50% del total de los valores es de 5.08; la moda que presentan en la mayoría de los valores es 1.22; el valor máximo es de 15.26 y en cambio el valor mínimo es 1.22; Los valores que varían con respecto a la media en 27.64.

En el Parque el Cholo para la evaluación de la muestra en la que se presentan respectivamente el análisis se observa que la media es de 14.22; mientras que la Mediana indica que el 50% del total de los valores es de 14.18; la moda que presentan en la mayoría de los valores es 4.72; el valor máximo es de 22.81 y en cambio el valor mínimo es 4.72; Los valores que varían con respecto a la media en 29.21.

## **4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS**

### **Prueba de Hipótesis General**

#### **1. Hipótesis**

Hipótesis nula ( $H_0$ ): El comportamiento del Slurry Seal Altiplánico no cumple significativamente con los estándares normativas requeridos en la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016.

Hipótesis alterna ( $H_1$ ): El comportamiento del Slurry Seal Altiplánico cumple significativamente con los estándares normativos requeridos en la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016.

## 2. Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

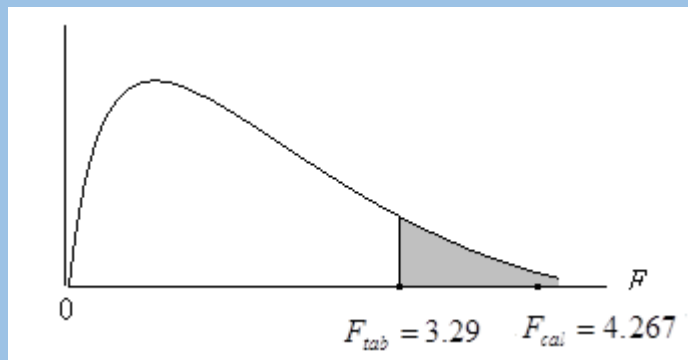
## 3. Estadístico de Prueba

$$F = \frac{CMT}{CME} \text{ Que se distribuye según } F(k-1, n-k)$$

## 4. Región Crítica

Para  $\alpha = 0.05$ , en la tabla F se encuentra el valor crítico de la prueba:

$$F_{0.95, 2, 24} = 3.29$$



## 5. Cálculos

Tabla N° 16

**Análisis de Varianza para el comportamiento del Slurry Seal Altiplánico en la rehabilitación de vías urbanas - Juliaca**

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Fc
Tratamientos	252,58	2	126,29	4,267
Error Experimental	710,38	24	29,60	
<b>Total</b>	<b>962,955</b>	<b>26</b>		

\*

Fuente: Elaboracion Propia

**INTERPRETACION.-** A un nivel de significación de 0.05 que las evidencias muestrales indican que al menos un puntaje promedio de los diferentes métodos de comportamiento del Slurry Seal Altiplánico en la rehabilitación de las vías urbanas durante el proceso de experimentación, difiere significativamente entre los procedimientos.

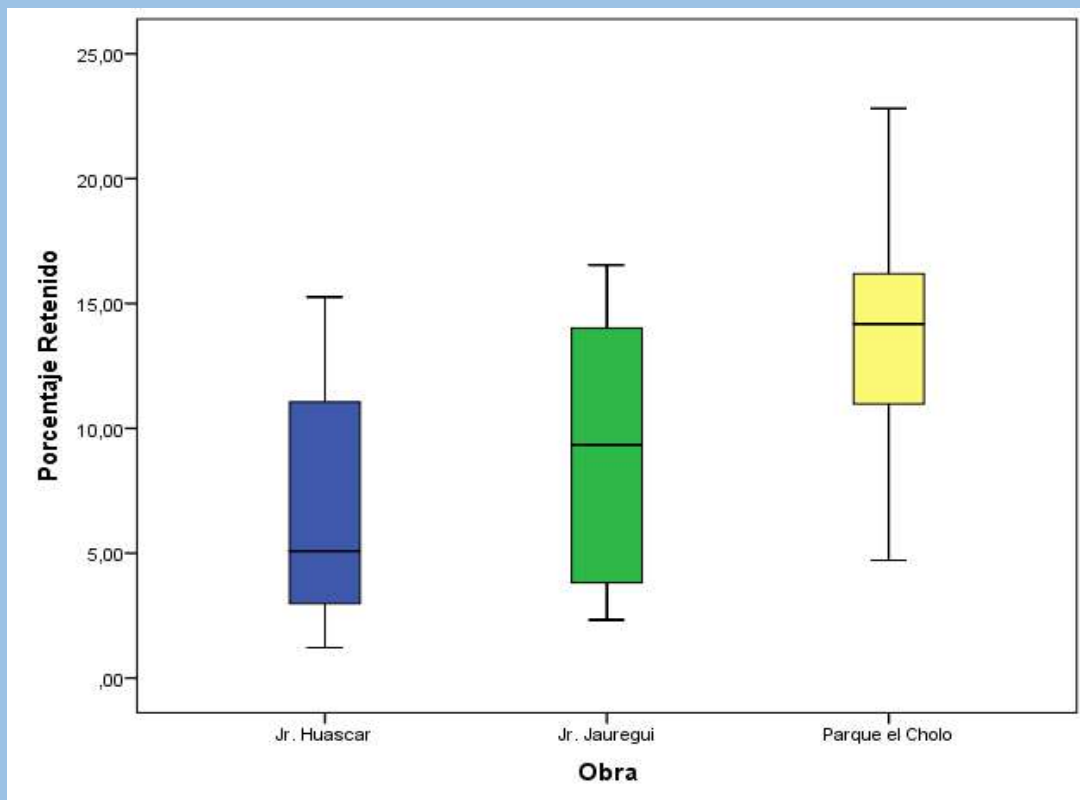
Sin embargo el análisis de varianza no permite determinar cuál de los comportamientos aplicados en la rehabilitación de vías urbanas es el que difiere estadísticamente entre ellos; lo que implica que no muestra que procedimiento tiene el mayor puntaje promedio durante el proceso de experimentación. Para tal efecto se debe realizar una prueba de comparaciones de medias.

**Tabla N° 17**

**Diferencia de Medias para el Comportamiento del Slurry Seal Altiplánico en la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca**

Grupo Duncan	Promedio	n	Obra
A	14,223	9	Parque el Cholo
B	8,890	9	Jr. Jáuregui
B	7.000	9	Jr. Huáscar

**Diagrama de cajas para el Comportamiento del Slurry Seal Altiplánico en la rehabilitación de vías urbanas de la ciudad de Juliaca**



Por lo tanto se concluye que con un nivel de significancia de 0.05 podemos afirmar que el puntaje promedio de los diferentes procedimientos del Comportamiento del Slurry Seal Altiplánico tiene diferencias estadísticas, y difieren significativamente entre los procedimientos de evaluación y por lo tanto el procedimiento que se aplicó en la obra del parque el Cholo es más significativo para el trabajo de investigación, tal como se muestra en la tabla de diferencia de medias y el diagrama de cajas.

6. **Decisión.-** A un nivel de significación del 5%  $F_{cal} = 4.267$  cae en la región de rechazo, debemos rechazar la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna y concluimos que, el Comportamiento del Slurry Seal Altiplánico cumple significativamente con los estándares normativas requeridas en la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016, no es igual entre ellas y difiere significativamente, durante el proceso de experimentación.

### **Prueba de hipótesis Específica uno**

#### **1. Hipótesis**

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** El comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplano, no es adecuado para la rehabilitación de vías urbanas.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** El comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplano, es adecuado para la rehabilitación de vías urbanas.

#### **2. Nivel de significancia**

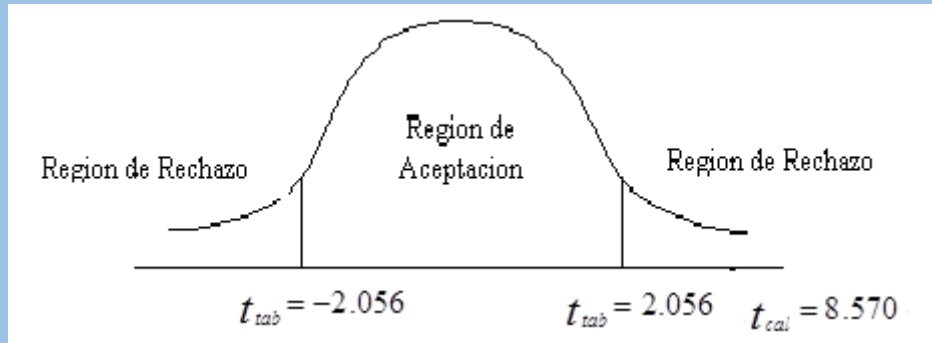
$$\alpha=0.05$$

#### **3. Estadístico de prueba**

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$



#### 4. Región crítica



#### 5. Cálculos

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Porcentaje Retenido	8,570	26	,000	10,03778	7,6303	12,4452

#### 6. Conclusión

Como la  $t_{cal} = 8.570$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la hipótesis nula se puede concluir que los valores del análisis del comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplano, se adecua significativamente en la rehabilitación de vías urbanas de la ciudad de Juliaca. A nivel de significancia del 5%.

#### Prueba de hipótesis Específica dos

##### 1. Hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** El comportamiento de las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplano, y su contenido de asfalto no es pertinente para la rehabilitación de vías urbanas

**Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** El comportamiento de las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplano, y su contenido de asfalto es pertinente para la rehabilitación de vías urbanas

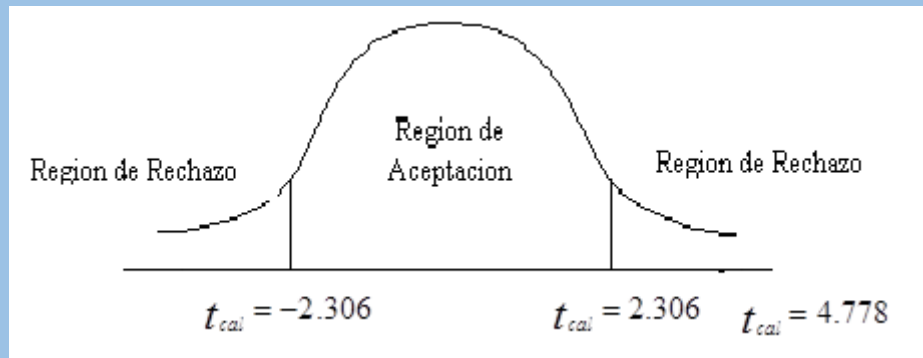
## 2. Nivel de significancia

$$\alpha=0.05$$

## 3. Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

## 4. Región crítica



## 5. Cálculos

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Propiedades Fisica Mecanicas	4,778	8	,001	1538,333	795,85	2280,82

## 6. Conclusión

Como la  $t_{cal} = 4.778$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la hipótesis nula se puede concluir que los valores del comportamiento de las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplano, y su contenido de asfalto es pertinente significativamente para la rehabilitación de vías urbanas. A nivel de significancia del 5%.

## Prueba de hipótesis Específica tres

### 1. Hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** El comportamiento del diseño de la mezcla propuesto del Slurry Seal Altiplano, no es óptimo para la rehabilitación de vías urbanas.

**Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>):** El comportamiento del diseño de la mezcla propuesta del Slurry Seal Altiplano, es óptimo para la rehabilitación de vías urbanas.

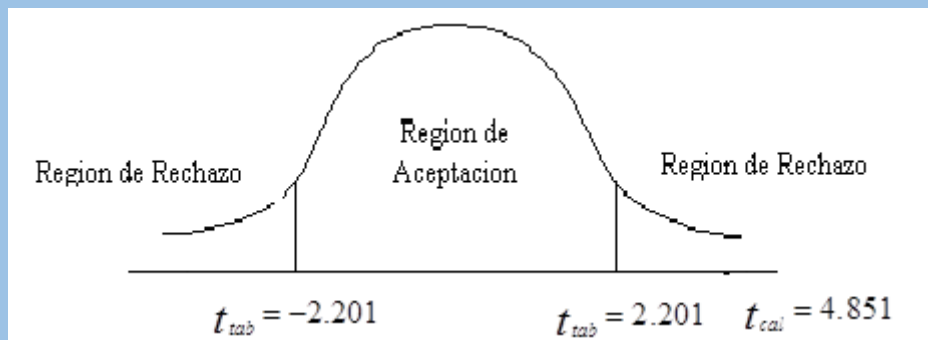
**2. Nivel de significancia**

$$\alpha=0.05$$

**3. Estadístico de prueba**

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

**4. Región crítica**



**5. Cálculos**

Prueba de muestra única						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Diseño de mezcla	4,851	11	,001	263,22000	143,8004	382,6396

**6. Conclusión**

Como la  $t_{cal} = 4.851$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la hipótesis nula se puede concluir que los valores del comportamiento del diseño de la mezcla propuesta del Slurry Seal Altiplano, se optimiza significativamente para la rehabilitación de vías urbanas. A nivel de significancia del 5%.

### 4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El desarrollo del presente trabajo de investigación, ha permitido diseñar la mezcla Slurry Seal, Altiplánico (con agregados de la cantera de Isla), y materias primas provenientes de la zona, así mismo se ha determinado el tipo de emulsión asfáltica a utilizar en la elaboración de la mezcla asfáltica Slurry Seal Altiplánico en frío, este tipo de mezcla se emplea como capa de desgaste o de sello tapón por lo que no debe considerarse como parte estructural del pavimento.

#### **Hipótesis General:**

El comportamiento del Slurry Seal Altiplánico cumple significativamente con los estándares y normativas requeridas en la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016.

Los procedimientos de los ensayos sometidos a los materiales que intervienen en el diseño de la mezcla Slurry Seal Altiplánico, han determinado que cumplen con los estándares y normativas, requeridas por la Internacional Slurry Surfacing Association (ISSA) y el métodos de evaluación de diseño ya reconocidos en la (A.S.T.M.) American Society of Testing Materials, como método de prueba de los materiales.

El ensayo Marshall, método que determina el procedimiento para realizar los ensayos de estabilidad y fluencia de las mezclas asfálticas preparadas en caliente y frío, utilizando el equipo Marshall, han determinado que la mezcla Slurry Seal Altiplánico cumple con los estándares y normativas requeridas para la rehabilitación de superficies de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca, cuyos resultados se adjuntan en las certificaciones obtenidas en los ensayos correspondientes: ISSA, A.S.T.M y Marshall.

#### **Hipótesis específicas:**

- El comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico es adecuado para la rehabilitación de las vías urbanas.

- El comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico y su contenido de asfalto es pertinente para la rehabilitación de las vías urbanas.
- El comportamiento del diseño de mezcla propuesto Slurry Seal Altiplánico es óptimo y adecuado para la rehabilitación de vías.

**PRIMERA.-** El comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico es adecuado para la rehabilitación de las vías urbanas.

Los materiales fueron determinados por el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos Consorcio Mañazo, cuyos resultados han sido determinados por los ensayos efectuados, para establecer las características de los materiales como: (agregados, filler, agua y emulsión asfáltica), los que si cumplen con la especificaciones técnicas solicitadas, y son adecuados para la rehabilitación superficial de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca, de acuerdo a los resultados de los ensayos adjuntos al presente trabajo de investigación; por lo que se determina que las características de los materiales, cumplen con las especificaciones técnicas solicitadas de los siguientes ensayos: ensayo granulométrico por tamizado, ensayo de equivalente de arena, ensayo de pesos unitarios, gravedad específica, absorción, resistencia a la abrasión, cumpliendo las especificaciones técnicas del ASTM. 136, C-131, D-2419, C-128, ISSA TB – 100, ISSA TB – 109, ISSA TB – 106, ISSA TB – 113, ISSA TB – 114, ISSA TB - 139 y del MTC. EG - 2013.

Los ensayos que se abordaron en este informe, son de suma importancia puesto que los materiales forman parte fundamental para el diseño de una mezcla y su comportamiento, para lo cual se efectuaron los siguientes ensayos:

Los resultados se dan a conocer en el capítulo III, en los cuadros 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

**SEGUNDO.-** El comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico y su contenido de asfalto es pertinente para la rehabilitación de las vías urbanas.

Para determinar las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico, esta cumplió con las especificaciones técnicas, solicitadas por los ensayos del ISSA, por lo que se procedió a la elaboración de los especímenes o briquetas, con un porcentaje diferente de asfalto y poder determinar si el asfalto era pertinente en el diseño de mezcla Slurry Seal Altiplánico; las briquetas fueron sometidos al ensayo Marshall, así mismo se ha determinado que las variaciones de porcentaje de asfalto en la mezcla es pertinente, ya que de ello dependen las propiedades físico mecánicas de una buena mezcla, y se determinó con el ensayo Marshall el cual evalúa: estabilidad (resistencia), flujo, porcentaje de vacíos peso unitario y porcentaje de cubrimiento de las partículas de los agregados.

Los resultados del ensayo Marshall determinaron que la briqueta con 13.60% de asfalto cumple con las especificaciones técnicas solicitadas por el ensayo Marshall.

Los resultados se dan a conocer en el capítulo III en los cuadros 14, 15 y 16.

- Los ensayos considerados son los siguientes: Ensayo de abrasión ISSA TB – 100, Ensayo de rueda cargada ISSA TB – 109, Ensayo de cono de consistencia ISSA TB – 106, Ensayo de tiempo de mesclado ISSA TB – 113, Compatibilidad ISSA TB – 114, Cohesión ISSA TB – 139, Ensayo Marshall ASTM D – 1559, MTC E 504.

Las briquetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimento son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto. El margen de contenido de asfalto usado en las briquetas de ensayo está determinado en base de experiencia previa con los agregados de la mezcla. Este margen le da al laboratorio un punto de partida para determinar el contenido exacto de asfalto en la mezcla final, de acuerdo a los resultados del ensayo Marshall.

**TERCERO.-** El comportamiento del diseño de mezcla propuesto Slurry Seal Altiplánico es óptimo y adecuado para la rehabilitación de vías.

De acuerdo a los resultados considerados en la primera y segunda hipótesis específicas, en el diseño de la mezcla óptima, estos cumplen con la normativa solicitada, y con los ensayos elaborados, por lo que sí es adecuado para la rehabilitación de superficies de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca, por consiguiente se han colocado tres muestras en los Jirones: Huáscar, Jáuregui y el parque el Cholo de la ciudad de Juliaca.

Las muestras colocadas son de un metro cuadrado, los cuales fueron diseñados de acuerdo al diseño óptimo con 13.60% de asfalto, y con materiales provenientes de la cantera Isla rio Unocolla, los cuales cumplen con la normativa requerida, por los diferentes ensayos que fueron sometidos los materiales, emulsión asfáltica y el diseño de mezcla, cuyos ensayos son determinantes para la elaboración de la mezcla asfáltica óptima para la rehabilitación de vías:

Ensayo Marshall ASTM D – 1559, EG – 2013 MTC., ASTM. C-136, C-131, D-2419, C-128, ISSA TB – 100, ISSA TB – 109, ISSA TB – 106, ISSA TB – 113, ISSA TB – 114, ISSA TB – 139.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA.** Las mezclas asfálticas en frío se han ido perfeccionando a medida que avanzaron las tecnologías tanto de los ligantes asfálticos, La alternativa más eficiente para reparar superficialmente los pavimentos es hoy en día las mezclas en frío. La buena dosificación y características de sus componentes en especial de los agregados, son fundamentales para asegurar su buen comportamiento en servicio.

**SEGUNDA:** Los agregados de la cantera Isla del río Unocolla, cumplen con las especificaciones técnicas del ASTM. 136, C-131, D-2419, C-128 y del MTC. EG -2013, para el diseño de la mezcla Slurry Seal Altiplánico.

**TERCERA:** La emulsión asfáltica utilizada para el diseño del Slurry Seal Altiplánico, cumple con la normativa del ISSA., y el porcentaje de asfalto óptimo en el diseño de la mezcla para la rehabilitación de las vías urbanas es con 13.60% de asfalto.

**CUARTA:** La granulometría forma un papel importante, puesto que con este ensayo se determinaron los tamaños nominales y máximos del agregado a ensayar. Todos los ensayos realizados a los agregados cuentan con certificación de calidad del Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos del (Consortio Mañazo), los cuales garantizan sus propiedades físicas, mecánicas y su adecuada funcionalidad en el diseño de la mezcla Slurry Seal Altiplánico.

**QUINTA:** El ensayo Marshall, el cual evalúa estabilidad, flujo y porcentaje de cubrimiento de las partículas de los agregados, determinaron el comportamiento de la mezcla ante las variaciones del porcentaje de asfalto considerado en los ensayos. La mezcla asfáltica Slurry Seal Altiplánico, no aporta en la parte estructural del pavimento, pero sí colabora en su preservación, protegiéndolo del efecto del agua superficial, corrige pequeños defectos superficiales que podrían afectar la seguridad del tráfico y reducir la vida útil del pavimento, su uso será



para la rehabilitación superficial de las vías, en estado de desgaste por el tráfico.

**SEXTA:** El costo de mezcla asfáltica en frío es más económico que la mezcla en caliente, ya que esta requiere de mayores insumos para el calentamiento de la mezcla, el cual hace posible el mantenimiento de mayor longitud de vías y el aumento de la vida útil, y el ahorro para la economía. Así mismo este método cuida el medio ambiente porque no requiere recalentar el asfalto.

**SEPTIMA:** El método estadístico aplicado al trabajo de investigación, tiene un nivel de significación del 5% concluimos que, el comportamiento del Slurry Seal Altiplánico cumple significativamente con los estándares normativas requeridas en la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016, no es igual entre ellas y difiere significativamente, durante el proceso de experimentación.

## RECOMENDACIONES

PRIMERA: Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación titulado “Comportamiento del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016”, cuyo diseño de mezcla, es exclusivamente para la rehabilitación superficial de vías, donde no se considera la parte estructural del pavimento considerado.

SEGUNDA: El material bituminoso será adicionado de acuerdo al diseño, directamente sobre los agregados y durante el proceso de mezclado, mediante un dispositivo que permita la correcta dosificación. La mezcla asfáltica debe procesarse, hasta que todas las partículas del agregado estén cubiertas de material bituminoso y toda la masa tenga un color uniforme, y sin manchas, grumos ó partículas sin recubrimiento.

TERCERA. La temperatura de los agregados será la ambiental. En caso de que la mezcla asfáltica muestre un exceso, deficiencia o distribución irregular del material bituminoso, la falla debe ser corregida añadiendo agregado o material bituminoso, según fuera necesario y volviendo a mezclar.

CUARTA. La mezcla elaborada debe almacenarse en sitios cubierto, para evitar la evaporación excesiva de la humedad de mezclado y permitir así el reposo de la mezcla previo a la rotura de la emulsión. La apertura del tráfico del diseño de mezcla en frio, será de 48 horas.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

“Asfalto: Lechadas Asfálticas. Recomendaciones para su preparación, ensayo y aplicación” Norma IRAM 6833.

“Diseño de mezclas en frío: una propuesta racional basada en la comprensión actual de la rotura de emulsiones bituminosa”. Autores: DIDIER LESUEUR Y JUAN JOSÉ POTTI, artículo de la Revista Carreteras N° 138 enero – febrero de 2005.

“Emulsiones Bituminosas” Cartilla técnica de la firma comercial, Akzo Nobel.

“Riegos Auxiliares y Riego con gravilla” Asociación técnica de emulsiones bituminosas. Autores: ALBERTO BARDESI Y RAMÓN TOMÁS.

“Sistema de Pavimentación de bajo Espesor”. Autor: Ing. Pablo Bolzán.

“Tratamientos superficiales, avances con las determinaciones en el método MODOT T72” Autores: CARLOS REDAL BAIGORRI, año 2003

“Tratamientos superficiales” Autores: CECILIA SOENGAS, OSCAR REBOLLO, GERARDO BOTASSO Y CHRISTIAN PIERMARIA. Trabajo realizado en el LEMAC Centro de Investigaciones Viales en el año 2003.

Asphalt Institute MS-22, Capitulo 3. Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en Caliente.

Bitumen Training Course. El Asfalto en la Construcción de Pavimentos Flexibles (2005).

Colombia, FAID, 1999.

David Quintero, Juan & García Mesa, Helber. (2007). Comportamiento Mecánico de Mezclas Asfálticas Tipo MDC-2 sometidas al efecto del envejecimiento adicionadas con cal y/o cemento. Pregrado, Universidad de Medellín, Medellín.

Especificaciones técnicas. Tecnología de Materiales, Emultec CSS.1P  
exposición Slurry Seal tipo II, Ing. WENDY HERENCIA, Jefe  
Departamento Técnico.

Institute, A. (1982). Construcción. Principios de Construcción de Pavimentos de  
Mescla Asfáltica en Caliente. Serie de Manuales N° 22 (MS - 22).  
Estados Unidos de América.

INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION, design technical  
bulletins (1990), Annapolis. EU.

Jiménez Acuña, M., & Molina Zamora, D. (2009). Mesclas Asfálticas en Frío  
en Costa Rica, Conceptos, Ensayos y Especificaciones. Laboratorio  
Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa  
Rica.

Montejo 2006.

NORMA AASHTO, 2000 (American Association of State Highway and  
Transportation Officials).

# **ANEXOS**

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR  
TAMIZADO  
DEL AGREGADO FINO  
Y EQUIVALENTE DE ARENA  
DEL AGREGADO DEL RIO UNOCOLLA**



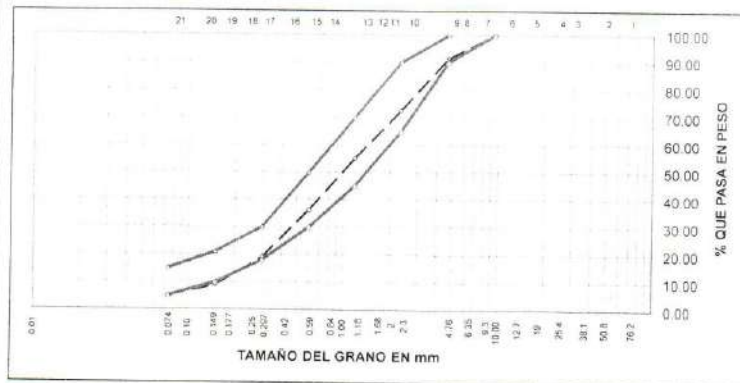
**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL AL TIPIANICO PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016  
 CANTERA : RIO UNOCOLLA  
 MUESTRA : AGREGADO FINO  
 UBICACION : JULIACA  
 TECN. RESPON. : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO  
 ING. RESPON. : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
 FECHA : 02/02/2016

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
MORTERO ASFALTICO**

Támicas ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial 2367 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	
1/4"	6.300	140.00	5.91	5.91	94.09		
No.04	4.750	62.00	2.62	8.53	91.47	90 - 100	
No.08	2.360	448.00	18.93	27.46	72.54	65 - 90	
No.16	1.180	415.00	17.53	44.99	55.01	45 - 70	
No.30	0.600	445.00	18.80	63.79	36.21	30 - 50	
No.50	0.300	410.00	17.32	81.11	18.89	18 - 30	
No.100	0.150	236.00	9.97	91.08	8.92	10 - 21	
No.200	0.075	96.00	4.06	95.14	4.86	5 - 15	
<No.200		115.00	4.86	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA  
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**





## CONSORCIO MAÑAZO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS  
VILQUE - MAÑAZO - EMP. PE - 34A (HUATAQUITA)

CANTERA : RIO UNDCOLLA

MUESTRA : AGREGADO FINO

UBICACIÓN : JULIACA

TECN. RESP. : FREDY M. CONDORI DARCAL

ING. RESP. : JEFE DE LABORATORIO DE

FECHA : 02/02/2016

### EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)

Muestra	N°1	N°2	N°3
Hora de entrada	10:34	10:36	10:38
Hora de salida	10:44	10:46	10:48
Hora de entrada	10:45	10:47	10:49
Hora de salida	11:05	11:07	11:09
Altura de nivel material fino	4.60	4.60	4.70
Altura de nivel arena	3.50	3.40	3.30
Equivalente de Arena	76.10	73.90	70.20

Equivalente de Arena Promedio: 73.4 %

OBSERVACION:





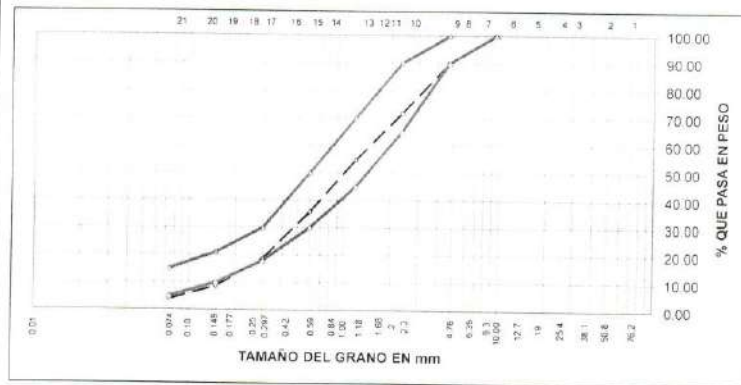
**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
**CANTERA** : RIO UNOCOLLA  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACION** : JULIACA  
**TECN. RESPONS.** : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO  
**ING. RESPONS.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
**FECHA** : 03/02/2016

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**MORTERO ASFALTICO**

Tamizas ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial 2561 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	
1/4"	6.300	162.00	6.33	5.33	93.67		
No. 04	4.750	94.00	3.67	10.00	90.00	90 - 100	
No. 08	2.360	458.00	18.27	28.27	71.73	65 - 90	
No. 16	1.180	438.00	17.10	45.37	54.63	45 - 70	
No. 30	0.600	484.00	18.90	64.27	35.73	30 - 50	
No. 50	0.300	438.00	17.02	81.29	18.71	18 - 30	
No. 100	0.150	258.00	10.00	91.29	8.71	10 - 21	
No. 200	0.075	124.00	4.84	96.13	3.87	5 - 15	
<No. 200		99.00	3.87	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA**  
**TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**









**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICÓ PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016

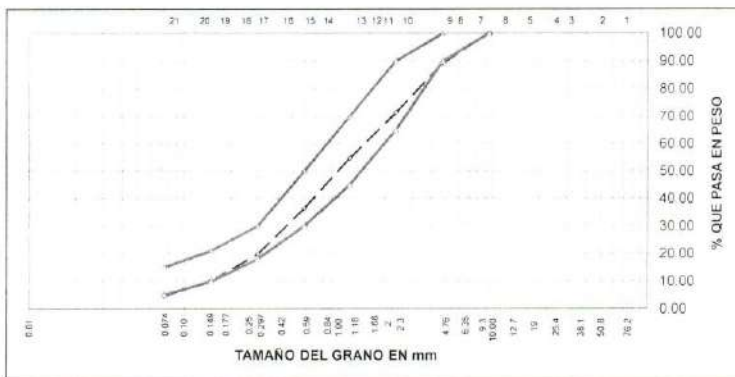
**CANTERA** : RIO UNOCOLLA  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACIÓN** : JULIACA

**TECN. RESPON.** : FREDY M. CONDORI CARCALSTO  
**ING. RESPON.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
**FECHA** : 04/02/2016

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**MORTERO ASFALTICO**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial : 2845 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	
1/4"	6.300	142.00	4.99	4.99	95.01		
No. 94	4.750	162.00	5.69	10.68	89.32	80 - 100	
No. 95	2.360	512.00	18.00	28.68	71.32	65 - 90	
No. 16	1.180	472.00	16.59	45.27	54.73	45 - 70	
No. 30	0.600	523.00	18.38	63.65	36.35	30 - 50	
No. 50	0.300	472.00	16.59	80.24	19.76	18 - 30	
No. 100	0.150	274.00	9.63	89.87	10.13	10 - 21	
No. 200	0.075	156.00	5.48	95.35	4.65	5 - 15	
<No. 200		132.00	4.64	99.99			

**REPRESENTACION GRAFICA**  
**TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**





## CONSORCIO MAÑAZO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS  
VILQUE - MAÑAZO - EMP. PE - 34A (HUATAQUITA)

**CANTERA** : RIO UNOCOLLA **TECN. RESP.** : FREDY M. CONDORI DARCAL

**MUESTRA** : AGREGADO FINO **ING. RESP.** : JEFE DE LABORATORIO DE

**UBICACIÓN** : JULIACA **FECHA** : 04/02/2016

### EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)

Muestra	N°1	N°2	N°3
Hora de entrada	14:36	14:38	14:40
Hora de salida	14:46	14:48	14:50
Hora de entrada	14:47	14:49	14:51
Hora de salida	15:07	15:09	15:11
Altura de nivel material fino	4.80	4.90	4.90
Altura de nivel arena	3.70	3.60	3.60
Equivalente de Arena	77.10	73.50	73.50

Equivalente de Arena Promedio: 74.7 %

OBSERVACION:

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR  
TAMIZADO  
DEL FILLER (CAL HIDRATADA)  
Y SU EQUIVALENTE DE ARENA**



**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL AL TIPLANICÓ PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016

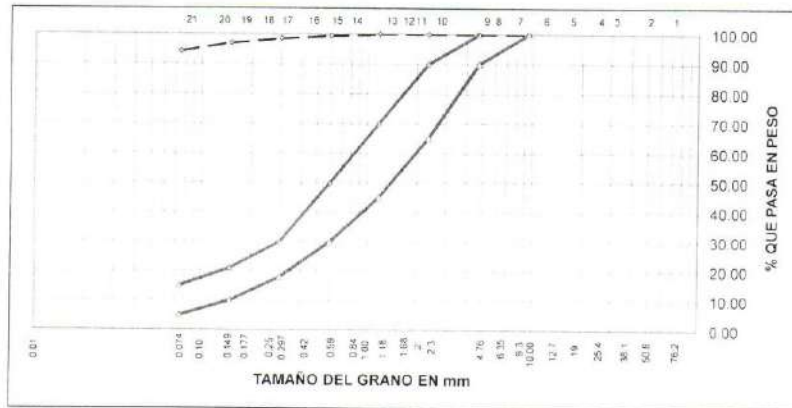
**CANTERA** : CAL HIDRATADA  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACIÓN** : JULIACA

**TECN. RESPONS.** : FREDY M. CONDORI CARGAUSTO  
**ING. RESPONS.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
**FECHA** : 02/02/2016

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MORTERO ASFÁLTICO

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial : 324 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	
1/4"	6.300	0.00	0.00	0.00	100.00		
No. 04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	99 - 100	
No. 08	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00	65 - 90	
No. 16	1.180	0.00	0.00	0.00	100.00	45 - 70	
No. 30	0.600	2.00	0.62	0.62	99.38	30 - 50	
No. 50	0.300	3.00	0.93	1.56	98.45	18 - 30	
No. 100	0.150	5.00	1.54	3.09	96.91	10 - 21	
No. 200	0.075	9.00	2.78	5.87	94.13	5 - 15	
<No. 200		305.00	94.14	100.01			

#### REPRESENTACIÓN GRÁFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





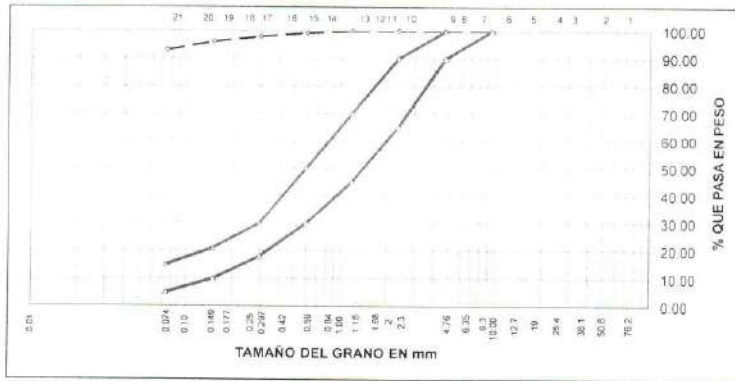
**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SURRY SE AL ALTERNANCO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016  
**CANTERA** : CAL HIDRATADA  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**TECN. RESPONS.** : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO  
**ING. RESPONS.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
**FECHA** : 03/02/2018

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
MORTERO ASFALTICO**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial : 384 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	
1/4"	6.300	0.00	0.00	0.00	100.00		
No. 04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100	
No. 08	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00	65 - 90	
No. 16	1.180	0.00	0.00	0.00	100.00	45 - 70	
No. 30	0.600	3.00	0.78	0.78	99.22	30 - 50	
No. 50	0.300	5.00	1.30	2.08	97.92	18 - 30	
No. 100	0.150	7.00	1.82	3.90	95.10	10 - 21	
No. 200	0.075	12.00	3.13	7.03	92.97	5 - 15	
<No. 200		357.00	92.97	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA  
TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**









**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICÓ PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016

**CANTERA** : CAL HIDRATADA

**MUESTRA** : AGREGADO FINO

**UBICACION** : JULIACA

**TECN. RESPON.** : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO

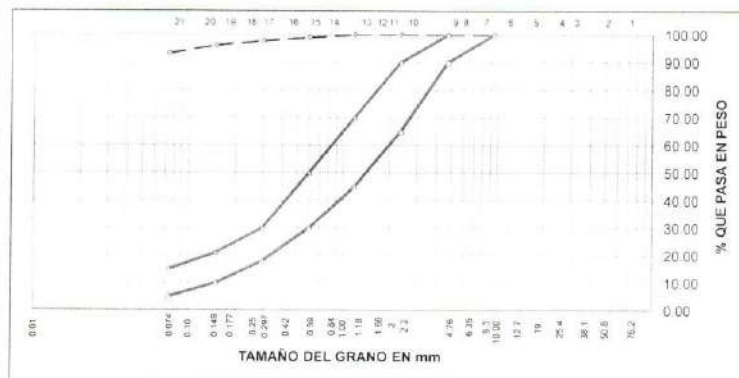
**ING. RESPON.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

**FECHA** : 04/02/2016

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**MORTERO ASFÁLTICO**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial 491 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	
1/4"	6.300	0.00	0.00	0.00	100.00		
No. 04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100	
No. 08	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00	85 - 90	
No. 16	1.180	0.00	0.00	0.00	100.00	45 - 70	
No. 30	0.600	5.00	1.02	1.02	98.98	30 - 50	
No. 50	0.300	6.00	1.22	2.24	97.76	18 - 30	
No. 100	0.150	8.00	1.63	3.87	96.13	10 - 21	
No. 200	0.075	14.00	2.85	6.72	93.28	5 - 15	
<No. 200		458.00	93.28	100.00			

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA**  
**TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR  
TAMIZADO  
DEL AGREGADO FINO MAS LA ADICION DEL  
FILLER (CAL HIDRATADA 2%)  
Y SU EQUIVALENTE DE ARENA**



**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SUIRRY SEAL AL TIPLANICO PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016

**CANTERA** : RIO UNICOLLA (98%)-CAL (2%)

**MUESTRA** : AGREGADO FINO

**UBICACIÓN** : JULIACA

**TECN. RESPONS.** : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO

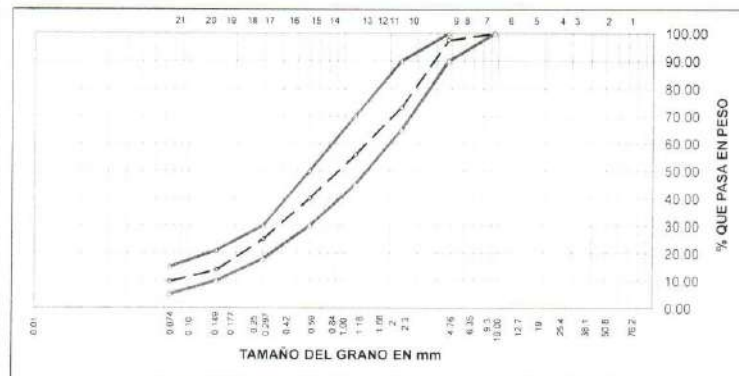
**ING. RESPONS.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

**FECHA** : 05/02/2016

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MORTERO ASFALTICO

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial 1403 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						Modulo de fineza 0.000
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	Peso Unit. Suelto 1.334 tn/m3
1/4"	6.300	19.00	1.35	1.35	98.65		Peso Unit. Vanillado 1.518 tn/m3
No. 04	4.750	16.00	1.14	2.49	97.51	60 - 100	Humedad Natural 8.6 %
No. 08	2.360	34.00	24.45	26.94	73.06	65 - 90	%
No. 16	1.180	243.00	17.32	44.26	55.74	45 - 70	
No. 30	0.600	221.00	15.76	60.01	39.99	30 - 50	
No. 50	0.300	210.00	14.97	74.98	25.02	18 - 30	
No. 100	0.150	157.00	11.19	86.17	13.83	10 - 21	
No. 200	0.075	59.00	4.21	90.38	9.62	5 - 15	
<No. 200		135.00	9.62	100.00			

#### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





## CONSORCIO MAÑAZO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y FUNDACIONES

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016

**CANTERA** : RIO UNOCOLLA (98%)+CAL (2%)      **TECN. RESP.** : FREDY M. CONDORI CARCAL

**MUESTRA** : AGREGADO FINO      **ING. RESP.** : JEFE DE LABORATORIO DE

**UBICACIÓN** : JULIACA      **FECHA** : 05/02/2016

### EQUIVALENTE DE ARENA ( ASTM D 2419)

Muestra	N°1	N°2	N°3
Hora de entrada	10:34	10:36	10:38
Hora de salida	10:44	10:46	10:48
Hora de entrada	10:45	10:47	10:49
Hora de salida	11:05	11:07	11:09
Altura de nivel material fino	4.60	4.60	4.70
Altura de nivel arena	3.00	2.90	3.00
Equivalente de Arena	65.20	63.00	63.80

Equivalente de Arena Promedio: 64 %

OBSERVACION:



**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

OBRA : COMPORTAMIENTO DELSLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
CANTERA : RIO UNOCOLLA (98%)+CAL (2%)  
MUESTRA : AGREGADO FINO  
UBICACION : JULIACA  
TECN. RESP. : FREDY M CONDORI CARCAUSTO  
ING. RESP. : JEFE DE LABORATORIO DE SUELO  
FECHA : 05/02/2016

**PESOS UNITARIOS**  
(ASTM C-128)

AGREGADO FINO				
PESO UNITARIO SUELTO				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	8,268.0	8,252.0	8,250.0
B. Peso del molde	g	5448.0	5448.0	5448.0
C. Peso del material	g	2820.0	2804.0	2802.0
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,104.9	2,104.9	2,104.9
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1,340	1,332	1,331
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1,334		
PESO UNITARIO VARILLADO				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	8,636.0	8,540.0	8,651.0
B. Peso del molde	g	5448.0	5448.0	5448.0
C. Peso del material	g	3188.0	3192.0	3203.0
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,104.9	2,104.9	2,104.9
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1,515	1,516	1,522
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1,518		





**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SURRY SEAL AL PLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016

**CANTERA** : RIO UNOCOLLA (98%) + CAL (2%)

**MUESTRA** : AGREGADO FINO

**UBICACION** : JULIACA

**TECN. RESPON.** : FREDY M CONDORI CARCASTO

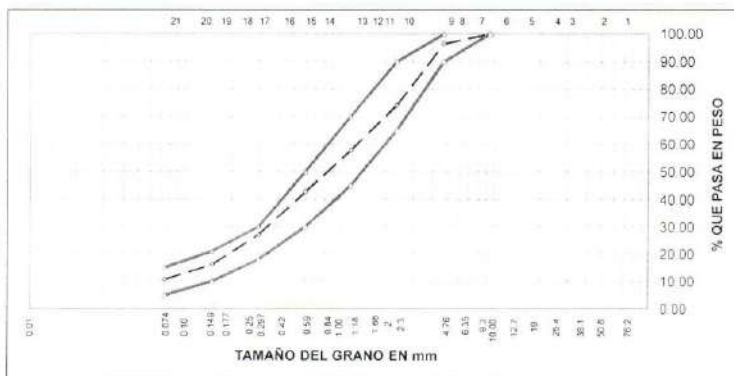
**ING. RESPON.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

**FECHA** : 07/02/2016

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**MORTERO ASFALTICO**

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial : 1624 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						Modulo de fineza : 0.000
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	Peso Unit. Suelto : 1.340 t/m <sup>3</sup>
1/4"	6.300	27.00	1.66	1.66	98.34		Peso Unit. Variado : 1.528 t/m <sup>3</sup>
No 04	4.750	31.00	1.91	3.57	96.43	90 - 100	Humedad Natural : 8.6 %
No 08	2.360	362.00	22.29	25.86	74.14	65 - 90	%
No 16	1.180	295.00	18.38	42.24	57.76	45 - 70	
No 30	0.800	245.00	15.09	57.33	42.67	30 - 50	
No 50	0.300	254.00	15.64	72.97	27.03	18 - 30	
No 100	0.150	178.00	10.96	83.93	16.07	10 - 21	
No 200	0.075	89.00	5.48	89.41	10.59	5 - 15	
<No 200		172.00	10.59	100.00			

**REPRESENTACION GRAFICA**  
**TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**







## CONSORCIO MAÑAZO

LABORATORIO DE REPARACIÓN DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
**CANTERA** : RIO UNOCOLLA (98%)+CAL (2%) **TECN. RESP.** : FREDY M CONDORI CARCAL  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO **ING. RESP.** : JEFE DE LABORATORIO DE  
**UBICACIÓN** : JULIACA **FECHA** : 07/02/2016

### EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)

Muestra	N°1	N°2	N°3
Hora de entrada	12:14	12:16	12:18
Hora de salida	12:24	12:26	12:28
Hora de entrada	12:25	12:27	12:29
Hora de salida	12:45	12:47	12:49
Altura de nivel material fino	4.80	4.70	4.80
Altura de nivel arena	3.20	3.20	3.10
Equivalente de Arena	66.70	68.10	64.60

Equivalente de Arena Promedio: **66.5 %**

OBSERVACION:



## CONSORCIO MAÑAZO

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016

CANTERA : RIO UNOCOLLA (98%)+CAL (2%)

MUESTRA : AGREGADO FINO

UBICACIÓN : JULIACA

TECN. RESP. FREDY M. CONDORI CARCAUSTO

ING. RESP. JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

FECHA 07/02/2016

### PESOS UNITARIOS

(ASTM C-128)

AGREGADO FINO				
PESO UNITARIO SUELTO				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	8,278.0	8,264.0	8,264.0
B. Peso del molde	g	5448.0	5448.0	5448.0
C. Peso del material	g	2830.0	2816.0	2816.0
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,104.9	2,104.9	2,104.9
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.344	1.338	1.338
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>		1.340	
PESO UNITARIO VARILLADO				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	8,657.0	8,663.0	8,675.0
B. Peso del molde	g	5448.0	5448.0	5448.0
C. Peso del material	g	3209.0	3215.0	3227.0
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,104.9	2,104.9	2,104.9
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.525	1.527	1.533
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>		1.528	



**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA 2016

**CANTERA** : RIO UNOCOLLA (98%) + CAL (2%)

**MUESTRA** : AGREGADO FINO

**UBICACION** : JULIACA

**TECN. RESPONS.** : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO

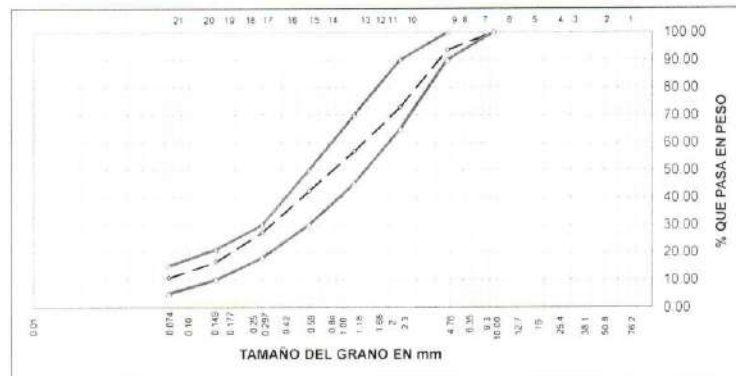
**ING. RESPONS.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

**FECHA** : 08/02/2016

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MORTERO ASFALTICO

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					II	
2 1/2"	63.000						Peso inicial 1845 gr
2"	50.000						
1 1/2"	37.500						CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA
1"	25.000						
3/4"	19.000						Módulo de fineza 0.000
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00	100.00	Peso Unit. Suelto 1.338 tn/m <sup>3</sup>
1/4"	6.300	42.00	2.28	2.28	97.72		Peso Unit. Vanillado 1.525 tn/m <sup>3</sup>
No.04	4.750	76.00	4.12	6.40	93.60	90 - 100	Humedad Natural 8.5 %
No.08	2.360	384.00	20.80	27.20	72.80	65 - 90	%
No.16	1.180	296.00	16.00	43.20	56.77	45 - 70	
No.30	0.600	268.00	14.52	57.75	42.25	30 - 50	
No.50	0.300	279.00	15.11	72.86	27.14	18 - 30	
No.100	0.150	198.00	10.73	83.59	16.41	10 - 21	
No.200	0.075	106.00	5.74	89.33	10.67	5 - 15	
<No.200		197.00	10.67	100.00			

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





## CONSORCIO MAÑAZO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
**CANTERA** : RIO UNOCOLLA (98%)-CAL (2%)  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACION** : JULIACA

**TECN. RESP.** : FREDY M. CONDORI CARCAL  
**ING. RESP.** : JEFE DE LABORATORIO DE  
**FECHA** : 08/02/2016

### EQUIVALENTE DE ARENA ( ASTM D 2419)

Muestra	N°1	N°2	N°3
Hora de entrada	16:25	16:27	16:29
Hora de salida	16:35	16:37	16:39
Hora de entrada	16:36	16:38	16:40
Hora de salida	16:56	16:58	17:00
Altura de nivel material fino	4.70	4.60	4.90
Altura de nivel arena	3.30	3.30	3.20
Equivalente de Arena	70.20	71.70	65.30

Equivalente de Arena Promedio: **69.1 %**

OBSERVACION:





## CONSORCIO MAÑAZO

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016

**CANTERA** : RIO UNOCOLLA (98%)+CAL (2%)

**MUESTRA** : AGREGADO FINO

**UBICACION** : JULIACA

**TECN. RESP.** FREDY M. CONDORI CARCAUSTO

**ING. RESP.** JEFE DE LABORATORIO DE SUELO

**FECHA** 08/02/2016

### PESOS UNITARIOS

(ASTM C-128)

AGREGADO FINO				
PESO UNITARIO SUELTO				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	8,264.0	8,271.0	8,258.0
B. Peso del molde	g	5448.0	5448.0	5448.0
C. Peso del material	g	2816.0	2823.0	2810.0
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,104.9	2,104.9	2,104.9
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1,338	1,341	1,335
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1,336		
PESO UNITARIO VARILLADO				
Número de muestras		1	2	3
A. Peso de material + molde	g	8,652.0	8,654.0	8,667.0
B. Peso del molde	g	5448.0	5448.0	5448.0
C. Peso del material	g	3204.0	3206.0	3219.0
D. Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,104.9	2,104.9	2,104.9
E. Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1,522	1,523	1,529
F. Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1,525		

**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y  
ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO Y FILLER**



**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

OBRA : COMPORTAMIENTO DELSLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
 CANTERA : RIO UNOCOLLA  
 MUESTRA : AGREGADO FINO  
 #jREFI : JULIACA  
 TECN. RESPN. : FREDY M.CONDORI CARCAUSTO  
 ING. RESPN. : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
 FECHA : 02/02/2016

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**  
(ASTM C-128)

AGREGADO GRUESO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	496.7	462.1	463.3
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	g	302.6	280.7	283.2
C. Volúmen de masa + volúmen de vacíos	cm <sup>3</sup>	194.1	181.4	180.1
D. Peso material seco	g	489.0	453.0	456.0
E. Volúmen de masa	cm <sup>3</sup>	186.4	172.3	172.8
F. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.519	2.497	2.532
G. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	2.559	2.547	2.572
H. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.623	2.629	2.639
I. Absorción	%	1.57	2.01	1.60

AGREGADO FINO				
DISCRIMINACION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	g	500.0	500.0	500.0
B. Peso frasco + H <sub>2</sub> O	g	1404.0	1409.0	1406.0
C. Peso frasco + H <sub>2</sub> O + (A)	g	1904.0	1909.0	1906.0
D. Peso material + H <sub>2</sub> O en el frasco	g	1710	1715	1712
E. Volúmen de masa + volúmen de vacíos	cm <sup>3</sup>	194.0	194.0	194.0
F. Peso material seco	g	489.0	489.2	488.5
G. Volumen de masa	cm <sup>3</sup>	183.0	183.2	182.5
H. Peso Especifico Bulk (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.521	2.522	2.518
I. Peso Especifico Bulk (base saturada)	g/cm <sup>3</sup>	2.577	2.577	2.577
J. Peso Especifico Aparente (base seca)	g/cm <sup>3</sup>	2.672	2.67	2.677
K. Absorción	%	2.25	2.21	2.35

Observación:





**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
CANTERA : RIO UNOCOLLA  
MUESTRA : AGREGADO FINO  
UBICACIÓN : JULIACA  
TECN. RESPN. : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO  
ING. RESPN. : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
FECHA : 04/02/2016

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**  
(ASTM C-128)

AGREGADO GRUESO			
DISCRIMINACION	N° DE MUESTRA		
	1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) g	498.4	465.4	465.8
B. Peso material saturado superficialmente seca (en agua) g	304.5	285.4	284.5
C. Volúmen de masa + volúmen de vacíos cm <sup>3</sup>	193.9	180.0	181.3
D. Peso material seco g	491.0	457.2	458.4
E. Volúmen de masa cm <sup>3</sup>	186.5	171.8	173.9
F. Peso Especifico Bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2.532	2.54	2.528
G. Peso Especifico Bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2.57	2.586	2.569
H. Peso Especifico Aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2.633	2.661	2.636
I. Absorción %	1.51	1.79	1.61

AGREGADO FINO			
DISCRIMINACION	N° DE MUESTRA		
	1	2	3
A. Peso material saturado superficialmente seca (en el aire) g	500.0	500.0	500.0
B. Peso frasco + H <sub>2</sub> O g	1405.0	1408.0	1408.4
C. Peso frasco + H <sub>2</sub> O + (A) g	1905.0	1908.0	1908.4
D. Peso material + H <sub>2</sub> O en el frasco g	1712	1714	1713
E. Volúmen de masa + volúmen de vacíos cm <sup>3</sup>	193.0	194.0	195.4
F. Peso material seco g	490.0	490.2	489.2
G. Volúmen de masa cm <sup>3</sup>	183.0	184.2	184.6
H. Peso Especifico Bulk (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2.539	2.527	2.504
I. Peso Especifico Bulk (base saturada) g/cm <sup>3</sup>	2.591	2.577	2.559
J. Peso Especifico Aparente (base seca) g/cm <sup>3</sup>	2.678	2.661	2.65
K. Absorción %	2.04	2	2.21

Observación:

**ENSAYO MARSHALL EN FRIO CON LOS  
PORCENTAJES DE CEMENTO ASFALTICO  
DE 11%, 12%, 13%, 14% Y 15%**

**ENSAYO MARSHALL**  
(ASTM D-1559, MTC E 504)

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
 CANTERA : RIO UNOCOLLA 98% + CAL 2% TECN. RESPONS. : FREDY M CONDORI CARC/  
 MUESTRA : AGREGADO FINO ING. RESPONS. : JEFE DE LABORATORIO DI  
 UBICACION : JULIACA FECHA : 25/03/2016

NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en peso de la Mezcla	11.00				
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla	0.00				
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00				
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla	87.22				
5	% filler	1.78				
6	Peso Especifico del C.A.	1.02				
7	Peso Especifico del Agregado Grueso	0.000				
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada	0.000				
9	Peso Especifico de la Arena natural	2.518				
10	Peso Especifico de filler	2.220				
11	Altura promedio de la Briqueta	6.50	6.40	6.52		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1195	1196	1202		
13	Peso de la Briqueta sumergido al Aire	1198	1198	1205		
14	Peso de la Briqueta al agua	614	615	612		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	581.00	581.00	590.00		
16	Peso Unitario	2.057	2.058	2.037	2.051	
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.219	2.219	2.219		
18	% Vacíos	7.30	7.20	8.20	7.567	3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betún		0.96		0.963	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1024	1035	1074		
21	Factor de Estabilidad	0.93	0.93	0.93		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	952	963	989	971	Min 815
23	Flujo (mm)	3.10	3.20	3.10	3.133	2.0 - 4.0
24	Relacion E / F (Kg/mm)	3072	3008	3222	3100.7	1700-4000

OBSERVACIONES:

**ENSAYO MARSHALL**  
(ASTM D-1559)

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS  
URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA 2015  
CANTERA : RIO UNOCOLLA 98% + CAL 2% TECN. RESPONS. : FREDY M CONDORI GARCAUS  
MUESTRA : AGREGADO FINO ING. RESPONS. : JEFE DE LABORATORIO DE S  
UBICACION : JULIACA FECHA : 25/03/2016

NUMERO DE BRIQUETA		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF
1	% C.A. en peso de la Mezcla		12.00			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		33.44			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.44			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		15.36			
5	% filler		1.76			
6	Peso Especifico del C.A.		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		0.000			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		0.000			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.516			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Biqueta	6.40	6.45	6.36		
12	Peso de la Biqueta al Aire	1203	1198	1198		
13	Peso de la Biqueta más parafina al Aire	1204	1199	1199		
14	Peso de la Biqueta al agua	630	628	624		
15	Volumen de la biqueta por desplazamiento	573.00	570.00	574.00		
16	Peso Unitario	2.099	2.102	2.087	2.096	
17	Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.205	2.205	2.205		
18	% Vacios	4.80	4.70	5.30	4.933	3.0 - 5.0
19	Relación Filler/Betón		0.88		0.883	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1145	1134	1125		
21	Factor de Estabilidad	0.96	0.96	0.96		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1099	1089	1080	1089	Min 815
23	Flujo (mm)	3.40	3.55	3.60	3.517	2.0 - 4.0
24	Relación E / F (Kg/mm)	3233	3067	3000	3099.8	1700-4000

OBSERVACIONES:



**ENSAYO MARSHALL**  
(ASTM D-1559)

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS  
URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016

CANTERA : RIO UNOCOLLA 98% + CAL 2% TECN. RESPONS. : FREDY M CONDORI GARCAUS

MUESTRA : AGREGADO FINO ING. RESPONS. : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

UBICACION : JULIACA FECHA : 25/03/2016

NUMERO DE BRIQUETA		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF
1	% C.A. en peso de la Mezcla		13.00			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		33.06			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		33.06			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		19.14			
5	% filler		1.74			
6	Peso Especifico del C.A		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		0.000			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		0.000			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.516			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Briqueta	5.45	6.50	5.60		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1198	1194	1192		
13	Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1199	1195	1193		
14	Peso de la Briqueta al agua	631	632	632		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	567.00	562.00	560.00		
16	Peso Unitario	2.113	2.125	2.129	2.122	
17	Peso especifico maximo ASTM 2041 (RICE)	2.219	2.219	2.219		
18	% Vacios	4.80	4.20	4.10	4.367	3.0 - 5.0
19	Relacion Filler/Betun		0.81		0.815	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1187	1213	1206		
21	Factor de Estabilidad	0.96	0.96	0.96		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1140	1164	1158	1154	Min. 815
23	Flujo (mm)	3.85	3.90	3.90	3.883	2.0 - 4.0
24	Relacion E/F (Kg/mm)	2960	2986	2969	2971.4	1700-4000

OBSERVACIONES:

**ENSAYO MARSHALL**  
(ASTM D-1559)

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL AL TIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS  
URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2016

CANTERA : RIO UNOCOLLA 98% + CAL 2% TECN. RESPONS. : FREDY M CONDORI CARCAUS

MUESTRA : AGREGADO FINO ING. RESPONS. : JEFE DE LABORATORIO DE S

UBICACION : JULIACA FECHA : 25/03/2016

NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF
1 % C.A. en peso de la Mezcla		14.00			
2 % Piedra chancada en peso de la Mezcla		32.68			
3 % Arena Chancada en peso de la Mezcla		32.65			
4 % Arena Zarandeada en peso de mezcla		18.92			
5 % filler		1.72			
6 Peso Especifico del C.A		1.02			
7 Peso Especifico del Agregado Grueso		0.000			
8 Peso Especifico de Gravilla Chancada		0.000			
9 Peso Especifico de la Arena natural		2.516			
10 Peso Especifico de filler		2.220			
11 Altura promedio de la Briqueta	6.40	6.50	6.54		
12 Peso de la Briqueta al Aire	1195	1164	1192		
13 Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1196	1185	1193		
14 Peso de la Briqueta al agua	630	625	631		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento	565.00	559.00	561.00		
16 Peso Unitario	2.115	2.118	2.125	2.119	
17 Peso especifico maximo ASTM 2041 (RICE)	2.226	2.226	2.226		
18 % Vacios	5.00	4.90	4.60	4.833	3.0 - 5.0
19 Relacion Filler/Betón		0.76		0.756	0.60 - 1.30
20 Estabilidad sin corregir (Kg)	1157	1175	1163		
21 Factor de Estabilidad	0.96	0.96	0.96		
22 Estabilidad Corregida (Kg)	1111	1126	1116	1118	Min 815
23 Flujo (mm)	4.30	4.34	4.40	4.347	2.0 - 4.0
24 Relacion E / F (Kg/mm)	2583	2599	2537	2573.2	1700-4000

OBSERVACIONES:

**ENSAYO MARSHALL**  
(ASTM D-1559)

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS  
URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2015

CANTERA : RIO UNOCOLLA 98% + CAL 2%

TECN. RESPON. : FREDY M CONDORI CARCAUS

MUESTRA : AGREGADO FINO

ING. RESPON. : JEFE DE LABORATORIO DE SI

UBICACION : JULIACA

FECHA : 25/03/2016

NUMERO DE BRIQUETA	1	2	3	PROMEDIO	ESPEGIF
1 % C.A. en peso de la Mezcla		15.00			
2 % Piedra Chancada en peso de la Mezcla		32.30			
3 % Arena Chancada en peso de la Mezcla		32.30			
4 % Arena Zarandeada en peso de mezcla		18.70			
5 % Filler		1.70			
6 Peso Especifico del C.A.		1.02			
7 Peso Especifico del Agregado Grueso		0.000			
8 Peso Especifico de Gravela Chancada		0.000			
9 Peso Especifico de la Arena natural		2.516			
10 Peso Especifico de Filler		2.220			
11 Altura promedio de la Briqueta	6.34	6.41	6.48		
12 Peso de la Briqueta al Aire	1194	1195	1203		
13 Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1195	1199	204		
14 Peso de la Briqueta al agua	620	621	623		
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento	574.00	577.00	580.00		
16 Peso Unitario	2.080	2.076	2.074	2.077	
17 Peso especifico máximo ASTM 2041 (RICE)	2.240	2.240	2.240		
18 % Vacios	7.10	7.30	7.40	7.267	3.0 - 5.0
19 Relación Filler/Betun		0.71		0.706	0.60 - 1.30
20 Estabilidad sin corregr (Kg)	1124	1103	1254		
21 Factor de Estabilidad	0.96	0.93	0.93		
22 Estabilidad Corregida (Kg)	1070	1026	1166	1090	Mín 815
23 Flujo (mm)	4.90	5.10	4.90	4.967	2.0 - 4.0
24 Relación E / F (Kg/mm)	2202	2011	2380	2197.8	1700-4000

OBSERVACIONES:



# **GRAFICO DEL ENSAYO MARSHALL EN FRIO**

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016  
**CANTERA** : RIO UNOCOLLA 98% + CAL 2%  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACION** : JULIACA  
**TECN. RESPONS.** : FREDY M. CONDORI CARCALISTO  
**ING. RESPONS.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS  
**FECHA** : 25/03/2016

**GRAFICOS DE ENSAYO MARSHALL EN FRIO**



Caracteristicas	Obtenido
% Cemento Asfáltico	13.60%
N° de Golpes en cada lado	75
Estabilidad (kg)	1140
Fluencia (mm)	4.20
% Vacios de Aire	4.050
Peso Unitario	2.125
Estabilidad Flujo kg/cm	2714



**ENSAYO MARSHALL EN FRIO  
VERIFICACION  
ASTM D -1559**

**ENSAYO MARSHALL (Verificacion)**  
(ASTM D-1559)

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS  
URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA 2016

CANTERA : RIO UNOCOLLA 98% + CAL 2% TECN. RESPONS. : FREDY M CONDORI GARCAUS

MUESTRA : AGREGADO FINO ING. RESPONS. : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

UBICACION : JULIACA FECHA : 27/03/2016

NUMERO DE BRIQUETA		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF
1	% C.A. en peso de la Mezcla		13.60			
2	% Piedra chancada en peso de la Mezcla		0.00			
3	% Arena Chancada en peso de la Mezcla		0.00			
4	% Arena Zarandeada en peso de mezcla		84.67			
5	% filler		1.73			
6	Peso Especifico del C.A.		1.02			
7	Peso Especifico del Agregado Grueso		0.000			
8	Peso Especifico de Gravilla Chancada		0.000			
9	Peso Especifico de la Arena natural		2.516			
10	Peso Especifico de filler		2.220			
11	Altura promedio de la Briqueta	6.40	6.45	6.55		
12	Peso de la Briqueta al Aire	1195	1187	1195		
13	Peso de la Briqueta mas parafina al Aire	1197	1188	1196		
14	Peso de la Briqueta al agua	632	628	633		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento	563.00	559.00	562.00		
16	Peso Unitario	2.123	2.123	2.126	2.124	
17	Peso especifico maximo ASTM 2041 (RICE)	2.215	2.215	2.215		
18	% Vacios	4.20	4.10	4.00	4.100	3.0 - 5.0
19	Relacion Filler/Betun		0.78		0.779	0.60 - 1.30
20	Estabilidad sin corregir (Kg)	1140	1181	1124		
21	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
22	Estabilidad Corregida (Kg)	1140	1181	1124	1148	Min 815
23	Flujo (mm)	4.18	4.15	4.20	4.177	2.0 - 4.0
24	Relacion E / F (Kg/mm)	2727	2846	2676	2749.7	1700-4000

OBSERVACIONES:

**PROPORCIONES DE MATERIALES PARA  
EL DISEÑO DEL SLURRY SEAL  
ALTIPLANICO**

**CONSORCIO MAÑAZO**

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

**OBRA** : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL AL TIPO PLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016**CANTERA** : RIO UNOCOLLA (98%)-CAL (2%)**MUESTRA** : AGREGADO FINO**UBICACION** : JULIACA**TECN. RESPONS.** : FREDY M. CONDORI CARCAUSTO**ING. RESPONS.** : JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS**FECHA** : 15/03/2016**PROPORCIONES DE MATERIALES  
SLURRY SEAL DE DISEÑO****MEZCLA DE AGREGADOS**

ARENA NATURAL ZARANDEADA PASANTE MALLA 3/8"	98%
FILLER (CAL HIDATADA)	2%
EMULSION ASFALTICA	13.60%

**DOSIFICACION PARA MORTERO ASFALTICO:****% RESPECTO ALA GREGADO SECO:**

Emulsion	13.60	%
Agua para recubrimient	13.50	%
Filler (cal hidratada)	2.00	%

**RESPECTO AL M3 DE AGREGADO SECO:**

PUS	1,521.00	Kg/M3
Emulsion	54.50	Gln/M3
Agua para recubrimiento	54.20	Gln/M3
Filler (cal hidratada)	30.40	Kg/M3

**PRUEBAS REALIZADAS AL MORTERO  
ASFALTICO ISSA A – 105  
REVISADO AL 2016  
DISEÑO DEL SLURRY SEAL**



**CONSORCIO MAÑAZO**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos

OBRA : COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANEO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA 2016  
CANTERA : RIO UHUCCOLA (SEN+CAL 12%)  
MUESTRA : AGREGADO F.R.80  
UBICACION : JULIACA  
TECN. RESPON. : FREDY M CONDORI CARCAUSTO  
ING. RESPON. : JEFF DE LABORATORIO DE SUELOS  
FECHA : 30/03/2016

**PRUEBAS REALIZADAS AAL MORTERO ASFALTICO ISSA A-105  
REVISADO AL 2016  
SLURRY SEAL DE DISEÑO**

**MEZCLA DE AGREGADOS**

ARENI NATURAL, ZARANDEADA PASANTE MALLA 3/8" (Nº 48-800) : 98%  
FILLER ( CAL HDARTADA) : 2%  
EMULSION : 12.60%

ENSAYO	METODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
ADHESION WTA1	ISSA TB-102	420	807.0 g/m <sup>2</sup> Máximo
RUEDA CARGADA (LWT)	ISSA TB-105	420.00	538.0 g/m <sup>2</sup> Máximo
CONO DE CONSISTENCIA	ISSA TB-106	2.00	2 a 3 cm
TIEMPO DE MEZCLADO	ISSA TB-113	+180	180 seg. Mínimo

**COMPATIBILIDAD**

ENSAYO	METODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
WET STRIPPING	ISSA TB-114	99	90% Mínimo

**COHESION**

ENSAYO	METODO	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES
COHESION A 30 Min	ISSA TB-139	12	12 kg/cm <sup>2</sup> Mínimo





## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLANICO PARA LA REHABILITACION DE LAS VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA -2016”.**  
**PRESENTADO POR EL BACH. ING. CIVIL FREDY MIGUEL CONDORI CARCAUSTO**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
¿Cuál es el comportamiento del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016?	Determinar el comportamiento del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016.	El comportamiento del Slurry Seal Altiplánico cumple con los estándares y normativas requeridas para la rehabilitación de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca 2016.	<b>VARIABLE DE ESTUDIO (X)</b>  - Diseño del Slurry Seal Altiplánico.	- Características de los agregados.	- Granulometría - Límites de consistencia - Gravedad específica - Equivalente de arena - Abrasión los ángeles - Contenido de humedad - Durabilidad	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativo, Aplicado y Experimental.  <b>NIVEL:</b> Descriptivo - Analítico  <b>DISEÑO:</b> Experimental – (Factorial)  <b>MÉTODO:</b> Deductivo- modelamiento.  <b>POBLACIÓN:</b> Está constituido por todas las vías urbanas de la ciudad de Juliaca.  <b>MUESTRA:</b> Vías: Huáscar, Jáuregui y Ovalo Parque del Cholo (1 m <sup>2</sup> ).
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>		- Propiedades físico mecánicas de la Emulsión Asfáltica.	- Abrasión - Rueda cargada - Cono de consistencia - Tiempo de mezclado - Cohesión	
¿Cuál es el comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas?	Analizar el comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas.	El comportamiento de las características de los materiales del Slurry Seal Altiplánico, es adecuado para la rehabilitación de vías urbanas.		- Diseño de mescla	- Materiales seleccionados - Porcentaje de asfalto - Elaboración de especímenes de briqueta	
¿Cuál es el comportamiento de las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas?	Establecer el comportamiento de las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de las vías urbanas.	El comportamiento de las propiedades físicas mecánicas de la emulsión asfáltica del Slurry Seal Altiplánico, y su contenido de asfalto es pertinente para la rehabilitación de las vías urbanas.	<b>VARIABLE DE ESTUDIO (Y)</b> - Rehabilitación de las vías.	- Marshall	- Peso específico total - Estabilidad - Fluencia - Densidad de vacíos - Peso unitario	<b>TÉCNICAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Ensayos</li> </ul> <b>INSTRUMENTOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de observación</li> <li>• Certificaciones</li> </ul> <b>PROCEDIMIENTO:</b> TStudent
¿Cuál es el comportamiento del diseño de mescla optimo del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de vías?	Explicar el comportamiento del diseño de mescla optimo del Slurry Seal Altiplánico, para la rehabilitación de vías.	El comportamiento del diseño de mescla propuesto Slurry Seal Altiplánico, es óptimo y adecuado para la rehabilitación de vías.		- Resistencia	- Abrasión los Ángeles	

PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 01:** En la fotografía se observa la cantera de Isla rio Unocolla, cuya ubicación está en la salida Lampa a 7.00 km., de la ciudad de Juliaca.



**VISTA 02:** En la fotografía se observa el agregado considerado de la cantera Isla, para el ensayo de granulometría por tamizado (agregado fino y grueso).



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 03:** En la fotografía se observa el ensayo de granulometría, correspondiente a los agregados, arena proveniente de la cantera Isla, rio Unocolla de la ciudad de Juliaca.



**VISTA 04:** En la fotografía se observa el ensayo de granulometría, correspondiente a la muestra 2, proveniente de la cantera Isla rio Unocolla de la ciudad de Juliaca.



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 05:** En la fotografía se observa el calentado de la cal, a una temperatura adecuada, y luego proceder al mezclado con el agregado seleccionado, con la finalidad de mejorar las propiedades del material.



**VISTA 06:** En la fotografía se observa el ensayo granulométrico del filler (cal hidratada) N°2, para proceder al mezclado de la muestra 2, de los agregados, para mejorar la calidad del material.



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 07:** En la fotografía se observa el pesado del agregado fino, correspondiente de la cantera Isla de la ciudad de Juliaca.



**VISTA 08:** En la fotografía se observa el tamizado del agregado grueso y fino, con el uso de las mallas 3/8", 20, 40, 60, 80 y 100, el que corresponde a la cantera Isla rio Unocolla de la ciudad de Juliaca.



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 9:** En la fotografía se observa el ensayo granulométrico del agregado considerado para las 02 muestras, correspondiente de la cantera Isla rio Unocolla de la ciudad de Juliaca.



**VISTA 10:** En la fotografía se observa el material seleccionado por el método de ensayo de granulometría del agregado considerado correspondiente a la cantera Isla rio Unocolla de la ciudad de Juliaca, en las 06 mallas.



## PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS

TESIS: "COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016"



**VISTA 11:** En la fotografía se observa el tamizado de la cal, en las 03 mallas consideradas para este ensayo de granulometría de la muestra N° 01, para mejorar las propiedades físicas de los agregados.



**VISTA 12:** En la fotografía se observa el ensayo granulométrico del material grueso, considerado en la muestra N° 01, de las 03 mallas.





PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: "COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016"



**VISTA 13:** En la fotografía se observa el ensayo de Equivalente de Arena, de la muestra 01.



**VISTA 14:** En la fotografía se observa colocando el material fino en los tubos de ensayo equivalente de arena.

PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 15:** En la fotografía se observa el ensayo de peso específico del material grueso, de las dos muestras consideradas.



**VISTA 16:** En la fotografía se observa el ensayo de peso específico del material grueso, donde se observa el material sumergido en agua y su peso.



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: "COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016"



**VISTA 17:** En la fotografía se observa el batido del emulsificante, producto adquirido de BITUPER SAC. Emulsión asfáltica catiónica BP-CSS-1H, utilizada en el diseño de mezcla Slurry Seal Altiplanico.



**VISTA 18:** En la fotografía se observa el ensayo de mezcla de agregados mixto y la cal hidratada, para ello se ha determinado el peso para su diseño.



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 19:** En la fotografía se observa el martillo, para elaborar los testigos del diseño de mezcla, cuyo resultado será considerado a 75 golpes de cada lado del testigo.



**VISTA 20:** En la fotografía se observa la mezcla de los agregados considerados, más la cal hidratada y el porcentaje de emulsión considerada.



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 21:** En la fotografía se observa la elaboración de los testigos o briquetas, para luego proceder al ensayo de los 75 golpes de martillo a cada lado.



**VISTA 22:** En la fotografía se observa el ensayo del martillo, donde se deja caer 75 golpes a los testigos en ambos lados, el que determinara la resistencia del espécimen con un total 150 golpes.



**PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS**  
**TESIS: "COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN**  
**DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016"**



**VISTA 23:** En la fotografía se observa el testigo con 7% de asfalto, en el diseño de mezcla Slurry Seal Altiplánico, elaborado en el laboratorio de mecánica de suelos Consorcio Mañazo.



**VISTA 24:** En la fotografía se observa la elaboración de 06 testigos del diseño Slurry Seal Altiplánico, con agregados que corresponden a la cantera Isla del río Unocolla de la ciudad de Juliaca, con porcentajes de 7%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14 y 15% de asfalto.



PANEL FOTOGRAFICO DE TESIS  
TESIS: "COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016"



**VISTA 25:** En la fotografía se observa los testigos de diseño Slurry Seal, con diferentes porcentajes de asfalto, los que serán sometidos al ensayo de Rotura Marshall.



**VISTA 26** En la fotografía se observa el equipo utilizado para el ensayo de rotura Marshall, donde se determinaron la resistencia, fluencia porcentaje de vacíos y el peso total de los especímenes.



PANEL FOTOGRÁFICO DE TESIS  
TESIS: “COMPORTAMIENTO DEL SLURRY SEAL ALTIPLÁNICO, PARA LA REHABILITACIÓN  
DE LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE JULIACA- 2016”



**VISTA 27:** En la fotografía se observa los parámetros considerados en la rotura Marshall, donde se considera fuerza máxima, en kiloneuton, flujo máximo y su respectiva corrección.



**VISTA 28:** En la fotografía se observa la rotura del testigo con 12% de asfalto del diseño de mezcla Slurry Seal Altiplanico, en el equipo de rotura Marshall.

