

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN AL TEMA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de pavimento rígido, rápidamente lo relacionamos con una estructura de hormigón, que debido a los cambios de temperatura ésta se dilata o se contrae, provocando grietas en el hormigón. Para evitar estos agrietamientos se diseña un sistema de juntas ya sean transversales o longitudinales, una vez diseñada la junta con sus dimensiones y cortes requeridos, esta debe sellarse para que pueda trabajar correctamente. Se debe analizar el comportamiento del material sellador en contacto con las caras de las juntas, frente a las condiciones de esfuerzos y condiciones climáticas que estará expuesto, el material sellador se debe acomodar al movimiento y ritmo que ocurre en la junta.

Una alternativa de material sellador que se explicó en un congreso iberoamericano en Iguazú – Argentina es la aplicación de la tecnología del silicio para mejorar el desempeño del hormigón, este material silícico es de un material inorgánico, los materiales inorgánicos tienen una mayor resistencia al estar expuestos a condiciones desfavorables del medio ambiente.

Lo que se pretende realizar en este trabajo es analizar el comportamiento del material sellador novedoso en base a cemento asfáltico mezclado con sellador silícico aplicado a la junta, siendo sometido a ensayos, de tal manera se pueda analizar las propiedades del material sellador.

Se podrá tener mayor información y conocimiento sobre el comportamiento del material sellador con la junta. Esta tecnología es aplicable en nuestra región, ya que se construyen pavimentos rígidos ya sea en calles o tramos de carreteras y se busca que estos pavimentos cumplan con su vida útil para lo cual fue diseñado. Con el presente trabajo lo podrán utilizar ingenieros, como profesionales dedicados al área de pavimentos rígidos.

## **1.2 DISEÑO TEORICO**

### **1.2.1 Determinación de la línea de investigación**

#### **1.2.1.1 Determinación de línea de estudio**

La línea de investigación está referida al material sellador que se aplica a una junta, la vida útil de los pavimentos está relacionado con el buen funcionamiento de la junta y por lo mismo la junta está relacionada con el material sellador, cuando se aplica el sellador en la junta este sellador estará sometido a diferentes sollicitaciones.

#### **1.2.1.2 Breve descripción de causales identificados**

Los causales más relevantes fueron:

Hay muy poco conocimiento del comportamiento del material sellador silícico mezclado con cemento asfáltico reciclado con las caras de las juntas.

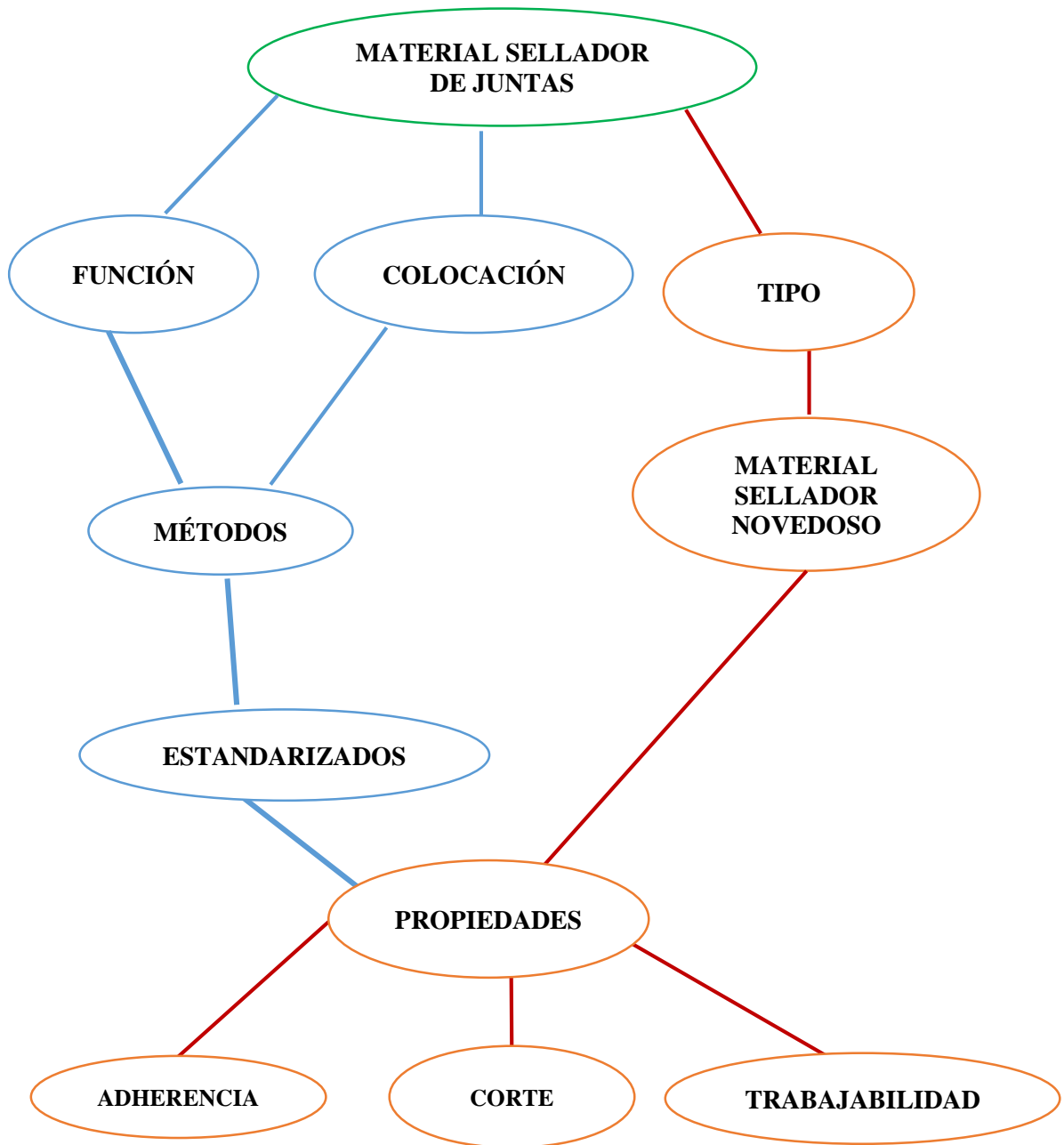
El material sellador sikaflex al ser un material inorgánico tiene mayores ventajas frente a un material orgánico como lo es el cemento asfáltico y se pretende estudiar cómo se comporta estos materiales al ser mezclados entre sí.

#### **1.2.1.3 Identificación del objeto de estudio**

El objeto de estudio del presente trabajo es el siguiente:

Comportamiento del material sellador silícico mezclado con cemento asfáltico reciclado con las caras de las juntas.

Figura 1.1: Esquema identificación del objeto de estudio



*Fuente: Elaboración propia*

#### **1.2.1.4 Determinación de la perspectiva de solución**

Analizar el comportamiento del material sellador sikaflex mezclado con cemento asfáltico reciclado con las caras de las juntas.

### **1.3 MARCO TEÓRICO**

#### **1.3.1 Situación problemática**

El material sellador cumple un papel importante para que la junta trabaje correctamente y de esta manera el pavimento rígido no se vea afectado, se debe realizar un control sobre la junta, que tenga el corte con sus dimensiones requeridas, la profundidad del sellado, que esté limpia y libre de cualquier material para aplicar el material sellador, otros factores como la temperatura, aceites de los vehículos puede ocasionar que el material sellador no trabaje correctamente ocasionando que aparezcan grietas o fisuras en la junta.

Las juntas transversales y longitudinales que se construyen en un pavimento, tiene una influencia importante, permite que el pavimento se dilate y se contraiga, cuando se introducen materiales incompresibles en la junta esta no trabajara adecuadamente y se producirán esfuerzos que inducirán a que se produzcan fisuras. Este agrietamiento que al principio puede pasar inadvertido, con el tiempo por la acción continua de esfuerzos hace que estos agrietamientos vayan aumentando rápidamente y como resultado se deteriora el pavimento.

Es necesario que se realice un análisis de una alternativa de sello para las juntas, destinada a determinar el comportamiento de la junta frente al nuevo sello.

#### **1.3.2 Problema**

¿De qué manera, un análisis puede determinar el comportamiento del material sellador sikaflex mezclado con cemento asfáltico, aplicado a la junta, será que este sellador funciona trabajando con la junta?

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar el comportamiento del material sellador, en base a cemento asfáltico reciclado mezclado con sellador sikaflex aplicado a la junta, de tal manera se identifique cual es el efecto de sus propiedades y su aplicación en las juntas de dilatación.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información teórica sobre pavimentos rígidos, juntas y sellos.
- Realizar el muestreo de los materiales que se utilizaran.
- Realizar los ensayos y pruebas del material sellador novedoso antes de su aplicación en la junta y después de su aplicación.
- Elaborar un presupuesto con la alternativa de material sellador.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos con la alternativa de material sellador.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **1.5.1 Hipótesis**

Si aplicamos el material sellador sikaflex mezclado con cemento asfáltico reciclado a la junta, donde será sometido a ensayos y pruebas de esfuerzos, entonces se podrá analizar cómo trabaja el sello en contacto con la junta frente a los esfuerzos aplicados.

## **1.6 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

### **1.6.1 Variable independiente**

Porcentajes de sellador sikaflex en el cemento asfáltico (X)

### **1.6.2 Variable dependiente**

Propiedades del nuevo sellador aplicado a la junta (Y)

Ductilidad (Y1)

Punto de ablandamiento (Y2)

Adherencia (Y3)

Trabajabilidad (Y4)

Corte (Y5)

### 1.6.3 Conceptualización y operacionalización de variables

Tabla 1.1: Conceptualización y operacionalización de variables

Variable Nominal	Conceptualización	Operacionalización		
		Dimensión	Indicador	Valor/Acción
Variable Independiente (X) Porcentajes de sellador sikaflex en el cemento asfáltico.	Se refiere a los distintos porcentajes de sellador sikaflex que se adicionarán al cemento asfáltico reciclado.	Material sellador	Se aplicaran 5 porcentajes de sellador sikaflex al cemento asfáltico reciclado.	Se mezclara de manera homogénea para unir estos dos materiales

Variable Nominal	Conceptualización	Operacionalización		
		Dimensión	Indicador	Valor/Acción
Variable Dependiente (Y)  Propiedades del nuevo sellador aplicado a la junta.	Se refiere a los parámetros, que caracterizan las propiedades del sellador aplicado a la junta	Agregados de aportación	Caracterización	Granulometría agregado grueso
				Peso específico agregado grueso.
				Peso unitario agregado grueso.
				Granulometría agregado fino
				Peso específico agregado fino
				Peso unitario agregado fino
		Sellador sikaflex.	Ensayos de esfuerzos del material sellador	Adherencia
				Trabajabilidad
				Corte
				Ductilidad
				Punto de Ablandamiento

*Fuente: Elaboración propia*

## 1.7 DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1 Identificación del tipo del diseño de investigación

El tipo del diseño de investigación es descriptivo.

### 1.7.2 Unidades de estudio y decisión muestrable por variable

#### 1.7.2.1 Unidad de estudio

Material sellador para junta de pavimento rígido.

#### 1.7.2.2 Población

Alternativa de sello para juntas de pavimento rígido en el departamento de Tarija.

#### 1.7.2.3 Selección del nivel de confianza

La selección de confianza será del 95 %

#### 2.7.2.4 Tamaño y muestra

Se adicionará 5 diferentes porcentajes de sellador de sikaflex al cemento asfáltico reciclado en base a estos dos materiales se obtendrá un nuevo sellador.

Para el primer porcentaje de sellador de sikaflex aplicado al cemento asfáltico, será aplicado a briquetas que será la junta, para posteriormente analizar sus propiedades: adherencia (Y1), Trabajabilidad (Y2), corte (Y3). Las propiedades del nuevo sellador que serán analizadas como ensayos de asfaltos sin aplicarlo a las briquetas son: ductilidad (Y4), punto de ablandamiento (Y5),

Cálculo de muestra estratificada por afijación proporcional

$$n = \frac{\sum(Ni * p_i * q_i)}{N * D + \frac{1}{N} * \sum(Ni * p_i * q_i)} ; D = \frac{E^2}{z^2}$$

Donde:

n= Muestra

N= Total ensayos

z= Nivel de significancia.

p= Probabilidad de que ocurra

q= Probabilidad de que no ocurra



E= Error (5-10%)

Números de ensayos para el primer porcentaje de sikaflex aplicado al cemento asfáltico.

Tabla 1.2: Análisis estadístico del número de ensayos a realizar en laboratorio

Ensayos	Ni	Pi	Qi	Pi*Qi	Ni*Pi*Qi	Wi	ni
Caracterización de agregados	6	0,60	0,40	0,24	1,44	0,02	3
Ductilidad	71	0,60	0,40	0,24	17,04	0,20	36
Punto de Ablandamiento	71	0,60	0,40	0,24	17,04	0,20	36
Adherencia	71	0,60	0,40	0,24	17,04	0,20	36
Trabajabilidad	71	0,60	0,40	0,24	17,04	0,20	36
Corte	71	0,60	0,40	0,24	17,04	0,20	36

*Fuente: Elaboración propia*

$$\sum Ni = 361$$

$$\sum Ni * Qi * Pi = 86.64$$

$$n = \frac{86.64}{361 * \frac{0.05^2}{1.96^2} * + \frac{86.64}{361}}$$

$$n=183$$

### Resumen de Ensayos

Caracterización de agregados = 3

Briquetas= 108 por porcentaje

Ductilidad = 36

Punto de Ablandamiento= 36

Adherencia = 36

Trabajabilidad = 36

Corte = 36

### **2.7.2.5 Selección de las técnicas de muestreo**

El muestreo se realizará de la forma estratificada.

### **2.7.2.6 Justificación de factibilidad recursos insumos y medios utilizados**

Los recursos de materiales que se necesitaran para el presente trabajo se los encuentra en el medio local, para los ensayos se lo podrá realizar en laboratorio con ayuda de materiales y equipos que existen.

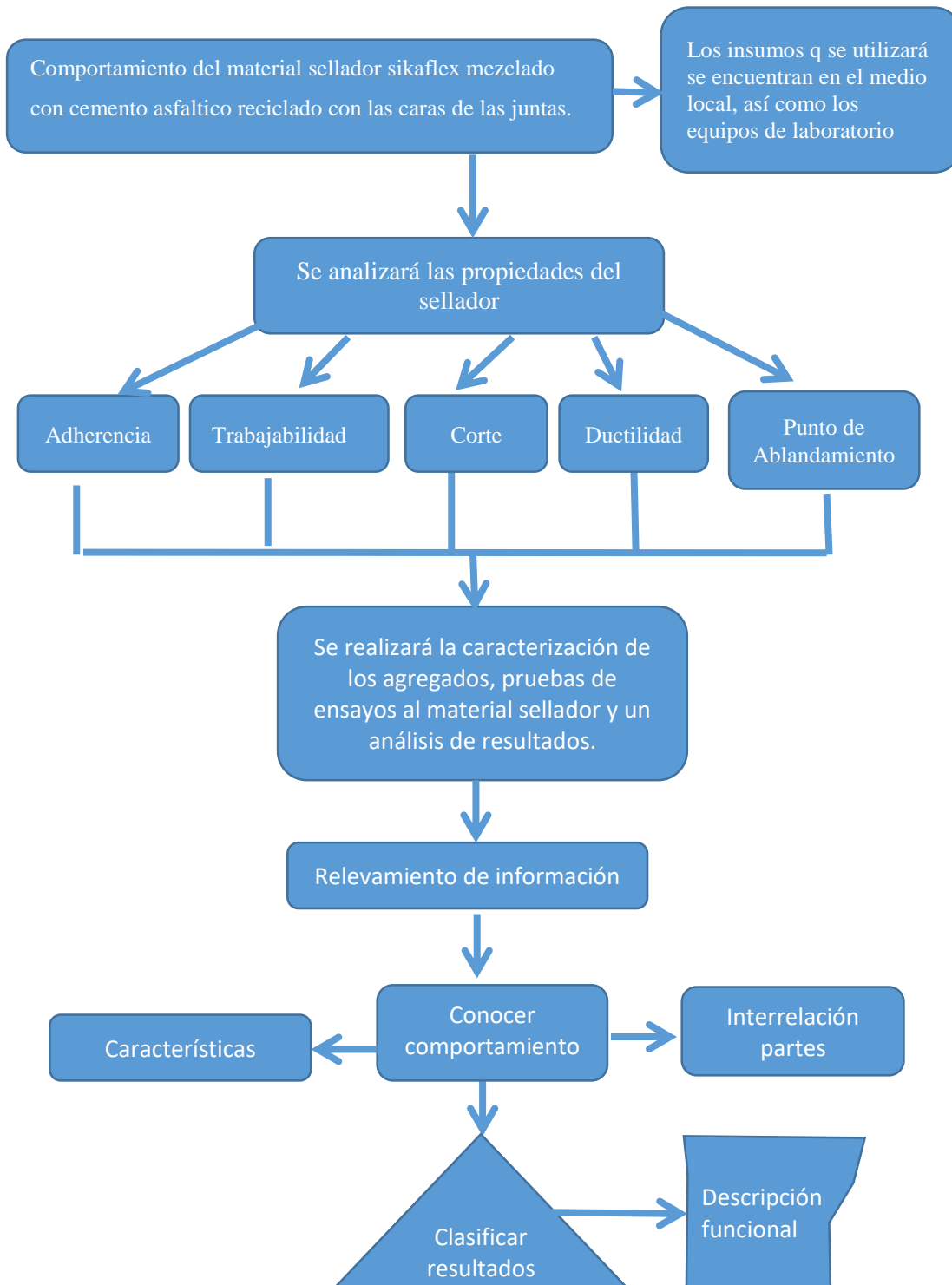
## **2.8 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS LÓGICOS**

### **2.8.1 Listado de actividades a realizar**

1. Caracterización de agregados para dosificación.
2. Dosificación de hormigón en moldes o probetas en laboratorio.
3. Aplicación de diferentes porcentajes de sellador sikaflex al cemento asfaltico reciclado.
4. Ensayos de caracterización de cemento asfaltico reciclado y cemento asfaltico reciclado mezclado con sellador sikaflex.
5. Aplicación del material sellador novedoso a la junta.
6. Ensayos de pruebas de esfuerzos del material sellador novedoso en contacto con la junta.
7. Construir graficas del material sellador novedoso.
8. Identificar valores de las propiedades del sellador.
9. Realizar un análisis estadístico.

### **2.8.2 Esquema de actividades en función a procedimiento definido por la perspectiva**

Figura 1.2: Esquema identificación del objeto de estudio



*Fuente: Elaboración propia*

### 2.8.3 Productos esperados en correspondencia con el procedimiento de la perspectiva

Se pretende seguir todo el procedimiento, haciendo un relevamiento de información para su análisis del comportamiento, conociendo las características del material sellador aplicado a la junta.

### 2.8.4 Resultados esperados

Obtener un material sellador que pueda trabajar satisfactoriamente en contacto con la junta, que responda a las condiciones que será expuesta.

## 2.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 2.9.1 Selección del programa a utilizar

El programa a utilizar será el STATS.

### 2.9.2 Estadística descriptiva.

Se analizará datos por variables que son: Ductilidad, Punto de ablandamiento. Adherencia, Trabajabilidad y Corte.

**Tabulación de datos:** Se ordenará los datos.

**Graficas frecuencias o histogramas.**

**Media aritmética:** Es el valor medio de los datos dividido entre su población.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética de la variable

n= Numero de observaciones

$\Sigma$  = Signo de sumatoria, indica que se debe sumar.

**Moda:** Es el valor que más se repite.

$$M = L_i + \left( \frac{D_1}{D_1 + D_2} \right) * A_i$$

Dónde:

M= Moda

Li= Límite inferior de la clase modal

D1= Frecuencia absoluta de la clase modal

D2= Frecuencia absoluta inmediatamente inferior a la clase modal.

Ai= Amplitud de la clase.

**Mediana:** Es el valor medio de los datos.

$$Me = L_{i-1} + \frac{\frac{N}{2} - N_{i-1}}{n_i}$$

Donde:

Me= Mediana.

Li-1= Límite inferior de la clase donde se encuentra la mediana.

$\frac{N}{2}$  = Semisuma de las frecuencias absolutas.

Ni-1= Frecuencia acumulada anterior a la clase mediana.

ni = Amplitud de la clase.

**Varianza:** Se refiere a las distancias de cada dato, respecto de la media seleccionada.

Para una muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n}}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

xi= Valor de la variable.

ni = Tamaño de la muestra

**Coefficiente de variabilidad:** Tiene en cuenta el valor de la media aritmética, para establecer un número relativo, que hace comparable el grado de dispersión entre dos o más variables y se define como:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} * 100$$

Donde:

CV= Coeficiente de variabilidad

S= Varianza

$\bar{x}$  = Media aritmética

### **2.5.3. Estadística inferencial seleccionada para comprobar la hipótesis formulada.**

Se busca la relación entre variables.

Tabulación ordenada de datos.

Ensayos y gráficos de las variables independiente (X), para cada una de las variables dependientes (Y).

Se utilizará 5 diferentes porcentajes de sellador de sikaflex.

**Para X1= porcentaje de sellador de silicio 1 se analizará:**

#### **Y1= Ductilidad**

Es un ensayo de materiales de asfalto.

#### **Y2= Punto de ablandamiento**

Es un ensayo de materiales de asfalto.

De los 5 porcentajes, se analizará los 2 porcentajes más óptimos para realizar los ensayos con las briquetas.

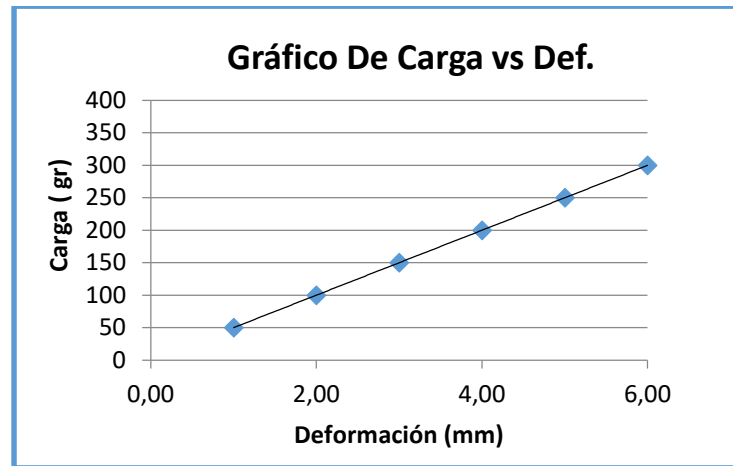
#### **Y3= Trabajabilidad**

Se aplicará fuerza para abrir y cerrar (ciclo) la junta, donde una cara estará fija y otro se moverá, controlando los ciclos hasta que el sellador se proyecte hacia la superficie de la junta.

#### **Y2=Adherencia**

Se aplicará fuerza a mi junta y se verificará su adherencia con el sellador.

Figura 1.3: Gráfica carga vs deformación de adherencia

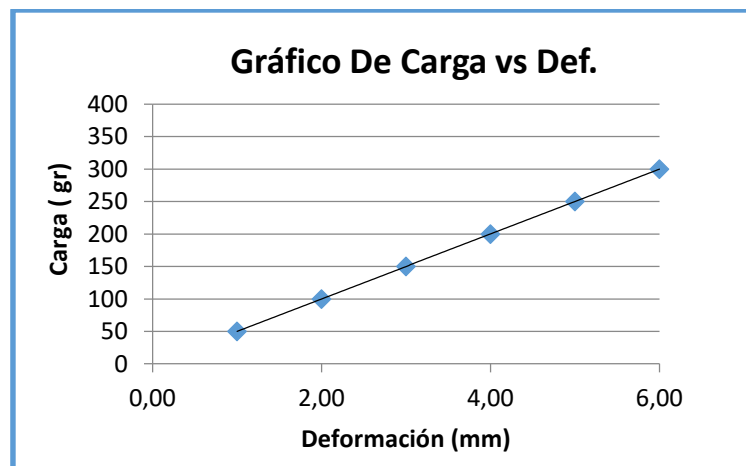


*Fuente: Elaboración propia*

#### **Y5= Corte**

Se aplicará fuerza, manteniendo una cara de la junta fija, para analizar su esfuerzo y deformación hasta que falle.

Figura 1.4: Gráfica carga vs deformación de corte



*Fuente: Elaboración propia*

## CAPÍTULO II

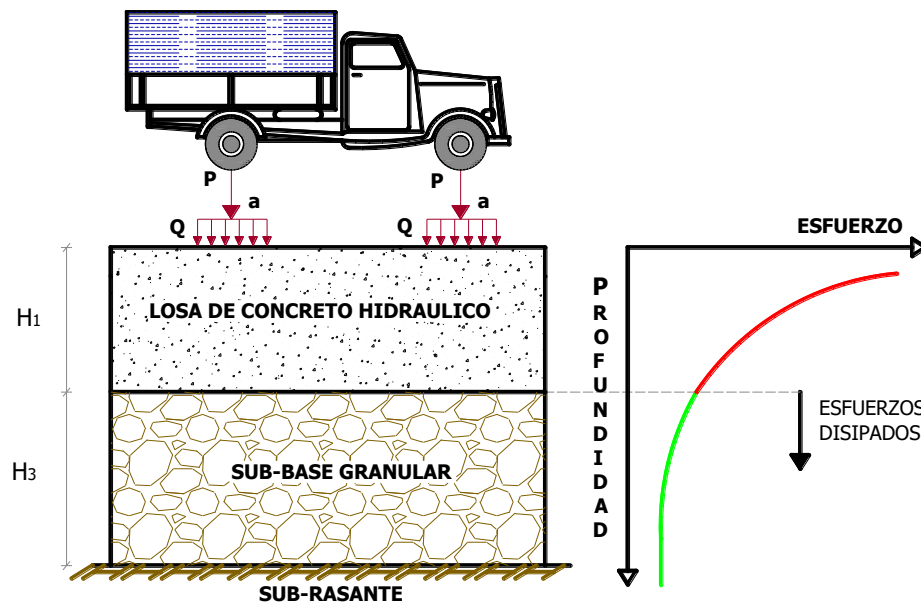
### CONCEPTUALIZACIÓN DEL TEMA

#### 2.1. PAVIMENTO RÍGIDO

Constituido por una losa de concreto hidráulico de gran rigidez, la cual está apoyada sobre una capa de material seleccionado (Sub-base granular) o sobre la sub-rasante, en el caso de que sea granular; la transmisión de esfuerzos al terreno de soporte, se produce mediante un mecanismo de distribución de tensiones.

- La losa, es el elemento encargado de dar el aporte estructural del pavimento.
- La sub-base granular, debe dar a la losa un apoyo óptimo a lo largo del tiempo de servicio de la estructura, controlando su deformabilidad.
- La deformación de la sub-base granular de apoyo, produce salida de agua y de su material fino, produciendo la descompactación del apoyo y su erosión.

Imagen 2.1: Mecanismo de distribución de esfuerzos en Pavimentos



*Fuente: Maestría de Ingeniería Vial Versión II – Ing. Carlos Alberto Benavides*

*Bastidas*



## **2.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO**

La construcción de pavimentos de concreto hidráulico está marcada por el uso de un gran número de máquinas de diseño especial, cada una de las cuales cumple una función específica en el proceso de construcción.

### **2.2.1 Dosificación de agregados y cemento**

El siguiente paso en el procedimiento de construcción, es la preparación y dosificación de agregados y cemento.

En primer lugar, se eligen los bancos de los materiales pétreos (arena y grava), para lo cual es necesario realizar una exploración de la zona en donde se construirá la obra; los probables bancos, que pueden ser playones de río o arroyo, depósitos de materiales, aglomerados o conglomerados o roca, se muestrean y se llevan al laboratorio para que se realicen las pruebas de clasificación necesarias, con un previo estudio económico se decide cuáles de los bancos se van a utilizar y se recomiendan los tratamientos que se requieren.

En segundo lugar, se elige el tipo y marca de cemento Portland, así como los aditivos que se usarán y se calculan las proporciones adecuadas en: cemento, agua, arena, grava y la cantidad y tipo de aditivo que se usará por unidad de peso o volumen.

En tercer lugar, se extrae el material de los bancos, si se trata de conglomerados o roca se deben utilizar explosivos, y para cargar cualquier material en los transportes se utilizan palas manuales, palas frontales y palas mecánicas.

El cuarto paso, es realizar los tratamientos previos necesarios, como cribado, triturado y lavado.

El quinto paso, se acarrean los materiales al lugar de mezclado, que puede ser al pie de la obra si se utilizan mezcladoras de 1 o 3 sacos, o a las plantas de mezclado.

Hace unos años, los agregados y el cemento se dosificaban en "seco" en alguna ubicación conveniente a cierta distancia del sitio de trabajo, se transportaban en camiones al lugar del trabajo y se mezclaban con agua en dicho sitio, por lo regular en una pavimentadora de cubeta y aguilón.

Actualmente, en la mayoría de los proyectos de carreteras todos los ingredientes del concreto, incluyendo el agua se dosifican y mezclan en una planta central. La transportación del concreto fresco al sitio de la obra se hace por medio de mezcladoras móviles o en camiones que cuentan o no con revolvedoras.

### 2.2.2 Mezclado y colocación del concreto hidráulico

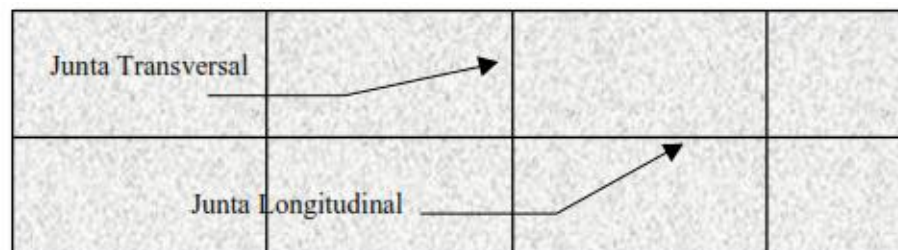
En la sección anterior se explicó, previo al mezclado del concreto, que se debe dosificar los agregados, el cemento y el agua para tener un mezclado adecuado. En la actualidad en los proyectos carreteros todos los ingredientes se dosifican y mezclan en una planta central.

En resumen, el mezclado de los ingredientes del concreto podrá realizarse en mezcladoras centrales ubicadas en forma estacionaria dentro de la planta, en mezcladoras de camión o de tránsito o bien en mezcladoras móviles usadas para mezclar pequeñas cantidades de concreto.

### 2.3 JUNTAS EN PAVIMENTO RÍGIDO

Son discontinuidades en la superficie del pavimento (entre las losas) con orientación longitudinal y transversal.

Imagen 2.2: Localización en planta de este tipo de junta



Fuente: Criterios y especificaciones para diseño y construcción pavimentos de concreto hidráulico.

La función de las juntas longitudinales es controlar los efectos del cambio volumétrico del concreto debido a los cambios de temperatura ambiente y cumplen también la función de facilitar el proceso constructivo.

Las juntas transversales por su parte cumplen funciones más amplias: deben controlar los esfuerzos de alabeo que sufren las losas por los cambios de temperatura entre la noche y el día, deben controlar el fenómeno de retracción hidráulica inicial del concreto, controlar los movimientos diferenciales entre el pavimento y las estructuras vecinas y facilitar el proceso constructivo.

### **2.3.1 Efecto del cambio volumétrico del concreto**

Todos los pavimentos de concreto requieren del diseño adecuado de juntas, el cual parte del chequeo de las dimensiones para evitar fisuración y agrietamiento debido al fenómeno de contracción volumétrica y alabeo producido por los cambios de temperatura entre la noche y el día, la humedad relativa, la velocidad del viento, etc.

La fisuración puede aparecer a edades tempranas del concreto durante el periodo de fraguado final, en el cual el concreto vive un cambio de estado plástico a estado sólido. Las formaciones de pequeños cristales debido a la hidratación del cemento le dan una apariencia rígida pero aun con baja resistencia a la tensión. Una mezcla de concreto segregable o propensa a la exudación sumado a la desecación superficial debida a las corrientes del viento, altas temperaturas o a la baja humedad relativa del ambiente produce tensiones en la capa superficial muy superiores a las fuerzas que están uniendo los cristales. Se genera así, fisuras que pueden ser tan criticas como las mismas condiciones climáticas que las provocaron. En conclusión, la fisuración aparece cuando se restringe el libre movimiento volumétrico de la masa de concreto y el alabeo natural. Las juntas deberán construirse correctamente, sellarse, y mantenerse. Una construcción incorrecta, tal como corte a última hora, o profundidad inadecuada de corte, pueden causar agrietamientos por contracción longitudinal y transversalmente en el pavimento en ubicaciones distintas a la junta de contracción.

### **2.3.2 Tipos de juntas**

En los pavimentos de concreto hidráulico, como se vio en la introducción de este

capítulo, las juntas se colocan para controlar la ubicación de las grietas y en algunos casos, para aliviar la expansión y contracción originada por cambios de temperatura y humedad.

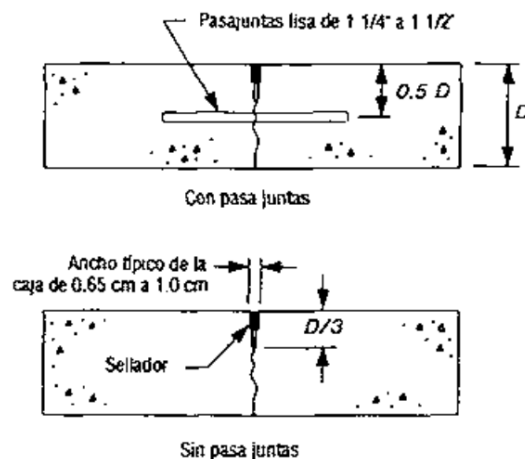
A continuación, se describen los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto hidráulico:

### 2.3.2.1 Juntas transversales de contracción

Las juntas transversales de contracción sirven básicamente para controlar el agrietamiento en el pavimento. Su diseño debe ser adecuado y su construcción correcta, para lograr el comportamiento general esperado y obtener la capacidad de servicio especificado del pavimento. Son juntas que se colocan perpendicularmente al eje del trazo y se separan entre sí, para controlar el agrietamiento inducido por esfuerzos de tensión debidos a contracción y a cambios diferenciales de temperatura y de humedad. Comúnmente las juntas transversales de contracción se orientan formando ángulos rectos con el eje del trazo y con la orilla de los carriles del pavimento.

Algunos constructores esviajan las juntas de contracción para ayudar a reducir la carga dinámica a través de la junta, así como para eliminar la carga simultanea transmitida por cada rueda.

Figura 2.1: Junta transversal de contracción



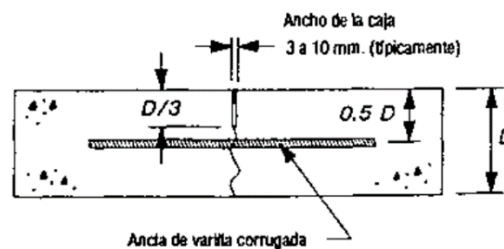
*Fuente: José Hayasaka reyes & Fernando Peñafiel Soto. Pavimento de Concreto Hidráulico en Carreteras*

### 2.3.2.2 Juntas longitudinales de contracción

Las juntas longitudinales se utilizan en carreteras para controlar el agrietamiento a lo largo de la línea central del pavimento.

El tipo de junta depende principalmente del método de colocación de las losas de concreto. Si se utiliza la construcción de un carril a la vez, las juntas machimbradas se construyen generalmente con anclas para asegurar la transferencia de cargas. En la construcción de dos carriles la junta longitudinal ranurada es la más conveniente.

Figura 2.2: Junta longitudinal de contracción



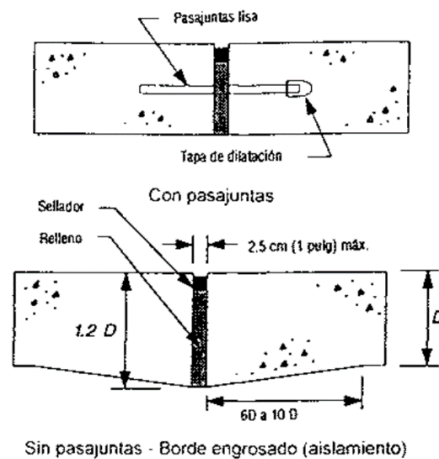
*Fuente: José Hayasaka reyes & Fernando Peñafiel Soto. Pavimento de Concreto Hidráulico en Carreteras*

### 2.3.2.3 Juntas de expansión o de aislamiento

Las juntas de expansión o de aislamiento se construyen con un espacio a través del espesor de la losa para permitir el movimiento. Estas juntas de expansión no se usan ya en pavimentos de líneas principales\*, excepto cuando las juntas de expansión con pasajuntas para transferencia de carga se usan en puentes.

Las juntas de expansión pueden también cerrarse gradualmente en pavimentos que tienen juntas de contracción no selladas que pueden llenarse de material incompresible. Esta es una situación muy indeseada que deberá evitarse por medio del diseño correcto, buena construcción y mantenimiento.

Figura 2.3: Junta de expansión o de aislamiento

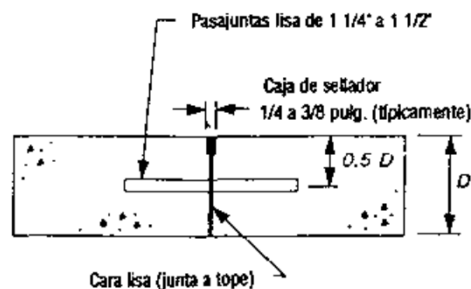


*Fuente: José Hayasaka reyes & Fernando Peñafiel Soto. Pavimento de Concreto Hidráulico en Carreteras*

#### 2.3.2.4 Juntas de construcción

Son juntas que se instalan al terminar la operación diaria de pavimentación o al ocurrir cualquier otro tipo de interrupción. Estas juntas se colocan de ser posible en el lugar donde se ha proyectado tener una junta definitiva. De ser posible, debe cuidarse que esta junta se ubique en la posición de una junta transversal de contracción, en caso contrario la junta deberá ubicarse dentro del tercio medio de la separación entre dos juntas de contracción.

Figura 2.4: Junta de construcción



*Fuente: José Hayasaka reyes & Fernando Peñafiel Soto. Pavimento de Concreto Hidráulico en Carreteras*

### 2.3.3 Transferencia de cargas en juntas

Las juntas deben estar diseñadas para transferir una porción de la carga entre losas adyacentes minimizando así deflexiones verticales en la junta producidas por las cargas de vehículos. El reducir deflexiones disminuye el potencial bombeo de materiales de subbase además del escalonamiento. Para que se obtenga una transferencia de carga satisfactoria se puede recurrir a uno de los siguientes mecanismos:

- Trabazón mecánica de los agregados.
- Dispositivos de transferencia o barras pasajuntas de acero liso.
- Subbases estabilizadas rígidas, que reduzcan el nivel de deflexión.

**Trabazón de agregados.** Se alcanza a través de la fricción entre las caras irregulares de la fisura que se forma en el aserrado. El clima y la dureza de los agregados tienen un gran impacto en la eficiencia de la transferencia. Esto puede ser incrementado usando agregados angulares y durables. La eficiencia de la trabazón de agregados disminuye rápidamente cuando se aumenta el ancho de la fisura y la frecuencia de aplicación de cargas pesadas, al punto de que el desempeño del pavimento puede ser afectado, por ello son recomendables sólo en pavimentos urbanos que llevan un reducido volumen de camiones.

**Barras pasajuntas.** Deben ser usadas en todas las rutas que llevan un volumen alto de camiones pesados. El propósito de las barras es el de transferir cargas a través de la junta, sin restringir movimientos producidos por la contracción y expansión del hormigón.

**Bases estabilizadas.** Han sido también usadas para aumentar la transferencia de carga.

## 2.4 FORMACIÓN DE JUNTAS Y DIMENSIONES DEL RESERVORIO

### 2.4.1 Profundidad inicial de la junta

La profundidad de las juntas longitudinales y transversales debe ser tal que asegure que la fisura tendrá lugar en el sitio. La profundidad de las mismas debe ser:

Juntas transversales = 1/4 espesor de la losa

Juntas longitudinales = 1/3 espesor de la losa

Estas juntas pueden hacerse por aserrado, colocando moldes metálicos o plásticos o formando juntas.

#### 2.4.2 Determinación de las dimensiones para el reservorio de juntas

Para determinar las dimensiones del reservorio para ubicación del material de sellado se requiere considerar los movimientos de apertura y cierre de la junta y tipo de material de sellado a usar. La apertura y cierre depende de la longitud de la losa, cambios de temperatura, coeficiente térmico del hormigón y la fricción entre losa y subbase. La apertura media en una junta es:

$$\Delta L = C * L(\alpha_c * \Delta T + Z)$$

Donde:

$\Delta L$  = Apertura de la junta con o sin pasadores. Normalmente entre 1.3 y 6.4 mm.

C = Factor de ajuste debido a la fricción base-losa.

0.80 para base granular

0.65 para base estabilizada

L = Espaciamiento entre juntas o longitud de la losa en mm.

$\alpha_c$  = Coeficiente de expansión térmica del concreto. Normalmente entre  $0.9$  y  $1.08 * 10^{-5}$  /°C.

Z = Coeficiente de contracción por secado del concreto. Normalmente entre  $0.50$  y  $2.5 * 10^{-4}$ .

El ancho de junta requerido es:

$$W = \frac{\Delta L}{S}$$



Donde:

W= Ancho de junta de contracción

$\Delta L$ = Apertura de junta causada por cambios de temperatura y contracción por secado del hormigón.

S= Deformación específica admisible del material de sellado. Para asfalto S= 0.25 mm/mm (25%).

Para selladores formados in situ, la profundidad del reservorio se determina en función del factor de forma deseado para la junta (relación ancho/profundidad).

Tabla 2.1: Coeficiente de dilatación del hormigón

Tipo de Agregado grueso	Coeficiente de Dilatación	
	$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$
Cuarzo	11,9	6,6
Arenisca	11,7	6,5
Grava	10,8	6
Granito	9,5	5,3
Basalto	8,6	4,8
Caliza	6,8	3,8

*Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento*

## **2.5 ASERRADO EN LAS JUNTAS**

### **2.5.1 Aserrado**

El aserrado con disco es el método más confiable para cortar las juntas transversales de contracción. El corte inicial del disco proporciona un plano de debilidad en el que se iniciara el agrietamiento. Puede necesitarse una segunda operación de aserrado para lograr el factor de forma, debiendo formarse un reservorio para alojar el material de sello, con un ancho entre seis y doce punto siete (6 y 12.7) milímetros y una profundidad entre diecinueve y cuarenta y cuatro (19 y 44) milímetros.

Es muy importante determinar el tiempo preciso para iniciar el aserrado del pavimento después de haber colocado éste; el aserrado demasiado tardío puede dar lugar a agrietamiento fuera de control de algunos casos. La calidad del corte de disco variará en función de la resistencia del concreto. El aserrado demasiado pronto provoca algo de desportillamiento y desgaste a lo largo de la cara de la junta. Las condiciones climáticas (temperatura, viento, humedad y rayos de sol directos) juegan un papel muy importante en el desarrollo de la resistencia del concreto y en la definición del tiempo óptimo para iniciar el aserrado.

Para un vaciado realizado durante el día, dependiendo del rendimiento, generalmente

se precisa realizar el cortado de juntas por las noches. Es necesario entonces prever equipo de iluminación para realizar este trabajo, el tiempo para el cortado de juntas desde el momento de colocado el hormigón varía entre 4 a 7 horas. Esto depende del tipo de cemento, la temperatura ambiente y la propia humedad del lugar de construcción. En climas fríos la baja temperatura tiende a retardar el fraguado del hormigón por lo que el corte se puede realizar en mayor tiempo. Lo contrario sucede en climas calurosos donde el calor acelera el fraguado del hormigón y por lo tanto el cortado se debe realizar más rápido.

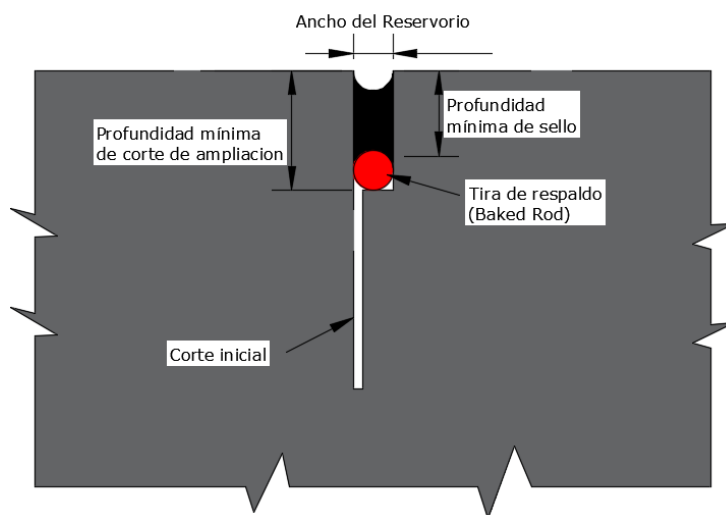
### **2.5.2 Limpieza**

Las paredes de la caja de sellado necesitan limpiarse perfectamente, para garantizar una buena adherencia del sellador y un buen funcionamiento a largo plazo. No se debe

dejar polvo ni trazas visibles de suciedad en las caras de la junta durante la aplicación del sellador. A continuación se presentan los lineamientos de los procedimientos de limpieza recomendados (con selladores de compresión se pueden evitar los pasos b y c):

- a) Inmediatamente después del aserrado, se debe lavar con agua a presión (menos de  $7 \text{ kg/cm}^2$  de presión) para eliminar el lodo que se formó durante la operación del corte.
- b) Una vez que la junta está lo suficiente seca, la junta deberá limpiarse con chorro de arena para eliminar cualquier residuo de sobrante. Una pasada a lo largo de cada una de las caras de la caja dará excelentes resultados. Esta operación, efectivamente limpia las paredes de la junta y también mejora la adherencia del sellador al impartir una cierta textura a las caras de la ranura.
- c) Antes de aplicar el sellador la junta se debe sopletear con aire a presión para extraer la arena y cualquier basura y polvo que se hubiera depositado por el viento o el tráfico. La presión del aire deberá ser mayor de  $6.3 \text{ kg/cm}^2$ . El contratista debe asegurarse que la compresora de aire está equipada con un filtro para eliminar la humedad y el aceite del aire comprimido.

Figura 2.5: Detalle de junta con su sellador



*Fuente: Elaboración propia*

## **2.6 MATERIALES SELLADORES Y TÉCNICAS DE JUNTEO**

La función del sellador de juntas es la de minimizar la infiltración superficial del agua hacia la estructura del pavimento, así como evitar que partículas incompresibles penetren en la junta. Este tipo de partículas inducen presiones aplicadas puntuales que pueden dar lugar a desportillamiento y a “ampollamientos” en casos extremos.

El diseñador deberá primero, seleccionar un material de sellado que satisfaga los criterios de comportamiento y de costo, para luego dimensionar la caja de ranura y las condiciones ambientales son factores que influyen en las dimensiones de la caja. Con un diseño adecuado de la caja se logra asegurar un buen comportamiento del sellador de juntas.

### **2.6.1 Propiedades requeridas para los selladores de juntas**

Para un funcionamiento satisfactorio en juntas de superficie abierta, el sellador debe:

- Ser relativamente impermeables.
- Deformarse para acomodar el movimiento y ritmo que ocurre en la junta.
- Tener suficiente recuperación de sus propiedades originales y forma, después de las deformaciones cíclicas.
  
- Permanecer en contacto con las caras de la junta. El sellador deberá adherirse a la cara de la junta y no fallar en la adhesión, no pelarse en las esquinas o en otras áreas locales de concentración de esfuerzos.
- No romperse internamente (falla de cohesión).
- No fluir debido a la gravedad (o por presión de fluidos).
- No ablandarse hasta obtener una consistencia inaceptable a altas temperaturas de servicio.
- No endurecerse o hacerse inaceptablemente quebradizo a bajas temperaturas de servicio.
- No ser afectado adversamente por la edad, desgaste, u otros aspectos de las condiciones de servicio para la vida de servicio esperada bajo el rango de temperaturas y otras condiciones ambientales que ocurran.
- Ser sustituible al final de una razonable vida de servicio, si es que falta durante la

vida de la estructura.

El sellador no deberá deteriorarse mientras es almacenado, un tiempo razonable, antes de usarse. También debe ser razonablemente fácil su manejo e instalación, así como estar libre de sustancias dañinas al usuario, al concreto, o a otro material con el cual entre en contacto.

### **2.6.2 Materiales existentes en el mercado**

Ningún material cuenta con las propiedades perfectas para todas las aplicaciones. Los selladores se encuentran dentro del rango de materiales que ofrecen un número suficiente de las propiedades, a un costo razonable.

Las masillas con base en aceite, los compuestos bituminosos, y los materiales metálicos fueron los únicos selladores disponibles durante muchos años. Sin embargo, en muchas aplicaciones, estos materiales tradicionales no se comportan adecuadamente.

### **2.6.3 Selladores moldeados en el campo**

#### **Masillas (mastics)**

Los mastics están compuestos de un líquido viscoso inmovilizado por la adición de fibras y rellenos. Generalmente no se endurecen, fraguan, o curan después de la aplicación, formando una película en la superficie expuesta a la atmosfera. Los mastics se usan, en la construcción para calafateado y barnizado en general, en donde se anticipan pequeños movimientos de la junta, y la economía en el costo primario sobrepasa al del movimiento o sustitución.

#### **Termoplásticos aplicados en caliente**

Estos materiales se suavizan al calentarse y endurecen al enfriarse, generalmente sin cambios químicos. Son generalmente de color negro e incluyen asfaltos, asfaltos de caucho, resinas, alquitrán de hulla y alquitrán de hule. Aunque inicialmente son más baratos que algunos otros selladores, su vida de servicio es relativamente corta, pues tienden a perder elasticidad y plasticidad con la edad, aceptan materiales extraños y se

proyectas fuera de las juntas que cierran fuertemente o han sido llenadas.

El sobrecalentamiento durante el proceso de fusión afecta adversamente las propiedades de los componentes que contienen hule. Aquellos, con una base de asfalto, son suavizados por medio de hidrocarburos como: aceite, gasolina, o desecho de combustible de jet. Los materiales con base en alquitrán, son resistentes a las combustibles y el aceite y preferidos para estaciones de servicio, áreas de llenado de combustible, estacionamientos y plataformas de aeropuertos. Sin embargo, durante su colocación se expelen humos tóxicos.

Para el sellado de junta de expansión debe cumplirse lo siguiente:

- La tirilla de respaldo (backer rod) debe tener un diámetro igual a 1.5 veces el ancho de la junta.
- La profundidad del sello debe estar entre 1 y 2 veces el ancho de la junta.
- La superficie del sello debe quedar 5 mm por debajo de la superficie de la losa.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.

### **Cordones de resguardo**

Los cordones de resguardo constituyen un componente importante para instalar los selladores líquidos. El contratista usa un dispositivo que empuja a la barra de respaldo, hasta la profundidad necesaria para lograr el factor de forma deseado.

## **2.7 FALLAS EN LAS JUNTAS**

### **2.7.1 Deficiencias del Sellado**

Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación del material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, possibilitando que se produzcan fallas,

como levantamiento o desportillamiento de juntas.

**Posibles Causas:**

Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

- Endurecimiento por oxidación del material de sello.
- Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- Escases o ausencia del material de sello.
- Material de sello inadecuado.

**2.7.2 Juntas saltadas**

Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.50 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia. Además, no se extiende verticalmente a través de la losa, sino que

intersecan la junta en ángulo.

**Posibles Causas:**

Los desportillamientos se producen como consecuencia de diversos factores que pueden actuar aislada o combinadamente, excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles; debilidad del hormigón en la proximidad de la junta debido a un sobre acabado y excesiva disturbancia durante la ejecución de la junta, deficiencia de diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta, acumulación de agua a nivel de las juntas.

## **CAPÍTULO III**

### **PREPARACIÓN DE MATERIALES**

#### **3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES**

##### **Materiales de Aporte**

Los materiales a utilizar deben cumplir ciertas especificaciones de las Normas ASTM y AASHTO. Para el presente proyecto utilizamos materiales existentes en la ciudad de Tarija que se ajustan dentro de las normativas vigentes; Además de tener una disponibilidad. Los materiales que se utilizarán para el presente proyecto son los siguientes:



### 3.1.1 Para sellador de junta

#### 3.1.1.1 Material silícico

El material silícico que se utilizará para la investigación será el sellador sikaflex proveniente de fábrica.

Imagen 3.1: Sellador silícico Sikaflex® PRO-3



*Fuente: Elaboración propia*

#### Descripción del Producto

Sikaflex® PRO-3 es un sellador de juntas con altas resistencias mecánicas monocomponente, que cura con la humedad ambiental. Adecuado para utilizarlo en interiores y exteriores.

#### Usos

- Juntas de construcción y juntas de dilatación en pavimentos.
- Aplicaciones interiores y exteriores para áreas peatonales y de tráfico (p. ej. parkings, garajes, etc.)
- Almacenes y áreas de producción.
- Pavimentos en la industria alimentaria.
- Juntas en conductos de aguas residuales y en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Juntas en pavimentos de túneles.
- Aplicación en salas limpias.

## Datos Técnicos

Tabla 3.1: Especificaciones técnicas del sellador Sikaflex® PRO-3

Composición Química	Poliuretano de tecnología i-Cure®	
Densidad	~ 1,35 kg/l aprox	(ISO 1183-1)
Formación de Piel	~ 60 minutos (+23°C / 50% hr)	(CQP 019-1)
Tiempo de alisado	~ 50 minutos (+23°C / 50% hr)	(CQP 019-2)
Velocidad de Polimerización	~ 3,5 mm/24h (+23°C / 50% hr)	(CQP 049-2)
Capacidad de Movimiento	±25% ±35%	(ISO 9047) (ASTM C719)
Descuelgue	0 mm, ( perfil 20 mm, 50°C)	(ISO7390)
Temperatura de Servicio	De -40°C a +70°C	
Resistencia a la propagación del desgarro	~ 8 N/mm (+23°C/ 50% hr)	(ISO34)
Dureza Shore A	~ 37 después de 218 días (+23°C / 50% hr)	(ISO868)
Modulo -E	~ 0,60 N/mm <sup>2</sup> a 100% elongación (+23°C/ 50% hr) ~ 1,1 N/mm <sup>2</sup> a 100% elongación (-20°C)	(ISO 8339)
Alargamiento a la Rotura	~ 600% (+23°C/ 50% hr)	(ISO 37)
Recuperación elástica	90% (+23°C/ 50% hr)	(ISO 7389)
Temperatura de aplicación	De +5°C a +40°C, min. 3°C por encima de la temperatura del punto de rocío	

*Fuente: Productos Sika*

### **3.1.1.2 Cemento asfáltico reciclado**

El Betún reciclado con nombre Betunel de procedencia brasilera, fue proporcionado por la Alcaldía Municipal de Tarija, siendo los mismos analizados en laboratorio de Asfaltos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### **3.1.1.3 Arena**

La arena fue obtenida de la planta asfaltadora de la Alcaldía Municipal de Tarija, dicha planta se encuentra ubicada en la comunidad de la Pintada, cuyos agregados son procedentes del río de la comunidad de SUNCHUHUAYCO.

## **3.1.2 Para junta de hormigón**

### **3.1.2.1 Cemento**

El cemento que se usó en esta investigación fue el cemento El Puente tipo IP-30 debido a que su obtención es fácil ya que la fábrica se encuentra ubicada en la ciudad de Tarija.

### **3.1.2.2 Arena**

La arena utilizada para la investigación es de la planta separadora de áridos de San Blas, que se encuentra ubicada en la provincia Cercado. Los agregados son de cantos rodados redondeados (cantos rodados).

Imagen 3.2: Ubicación planta separadora de áridos San Blas



*Fuente: Foto satelital Google Earth.*

### 3.1.2.3 Grava

La grava que se utilizó se la obtuvo de la Planta separadora de áridos San Blas, ubicada en la provincia cercado del departamento de Tarija. Los agregados son de cantos rodados redondeados (cantos rodados), estos con completamente desgastadas por el agua o totalmente formadas por fricción. La textura se puede decir que es lisa (agregados redondeados).

Imagen 3.3: Ubicación planta separadora de áridos San Blas



*Fuente: Foto satelital Google Earth.*

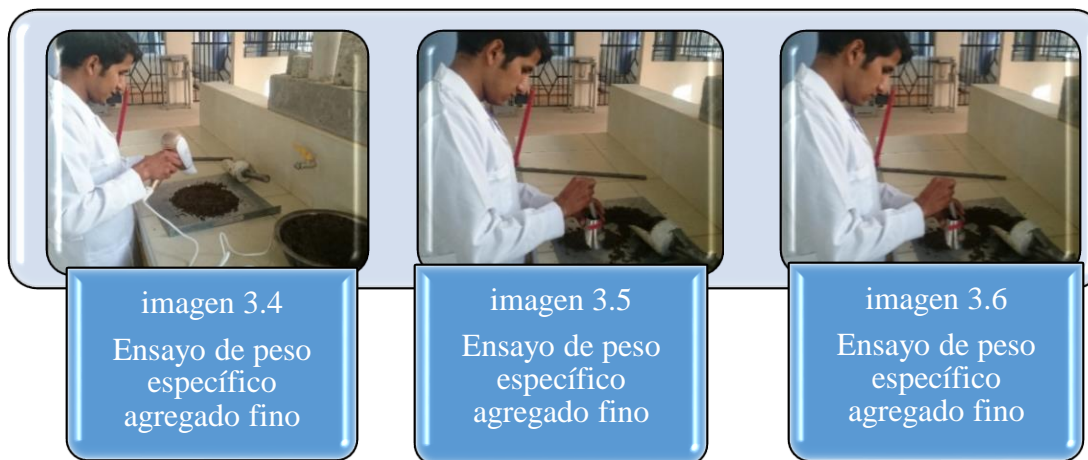
## 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3.2.1 Caracterización de agregados para el hormigón

#### 3.2.1.1 Características del agregado fino

##### 3.2.1.1.1 Peso específico y absorción del agregado fino

El procedimiento para dicho ensayo se lo realizo en base a la Norma ASTM C 128. A continuación, se presentan los valores de los pesos específicos del agregado fino además de los promedios de los mismos.



*Fuente: Elaboración propia*

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

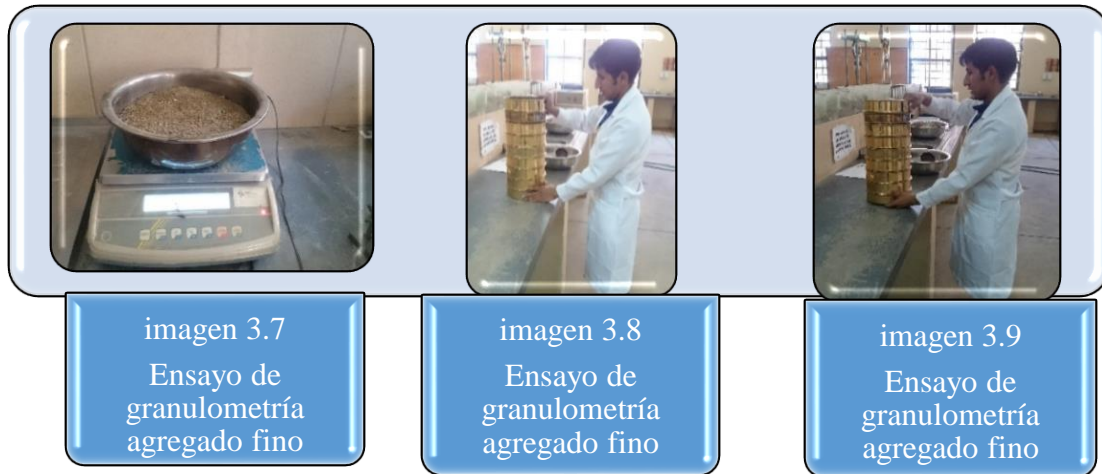
Tabla 3.2: Resultados de peso específico agregado fino

Incógnitas	Valor m1	Valor m2	Valor m3	Valor prom.
P.E. a granel (gr/cm <sup>3</sup> )	2,46	2,50	2,53	2,50
P.E. saturado con sup. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2,50	2,55	2,56	2,54
P.E. aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2,56	2,63	2,61	2,60
% de Absorción	1,48	2,02	1,28	1,59

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.1.1.2 Análisis granulométrico del agregado fino

El procedimiento realizado con base en la Norma ASTM C136, con los límites recomendados en la Norma ASTM C 33. A continuación se presentan los valores del ensayo.



*Fuente: Elaboración propia*

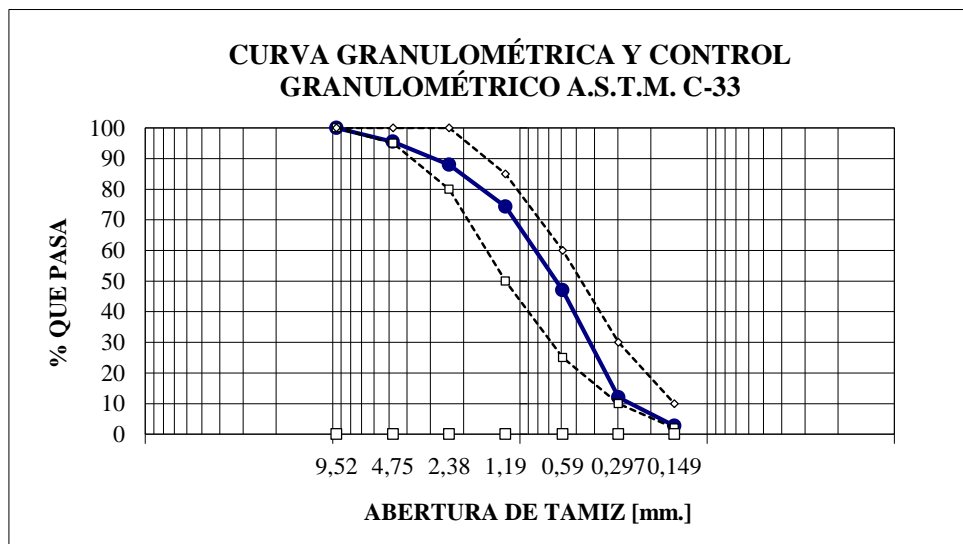
El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

Tabla 3.3: Resumen granulometría agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	% Que pasa	Especific. ASTM c33
1/2	12,50	100	100
3/8	9,50	100	100
Nº4	4,75	95,53	95-100
Nº8	2,36	87,96	100-100
Nº16	1,18	74,26	45-80
Nº30	0,60	47,02	100
Nº50	0,30	11,98	10-30
Nº100	0,15	2,69	2-10
Nº200	0.075		
BASE	-	0,09	
Módulo de fineza	2.80		
% De humedad	2,38		

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 3.1: Curva granulométrica agregado fino

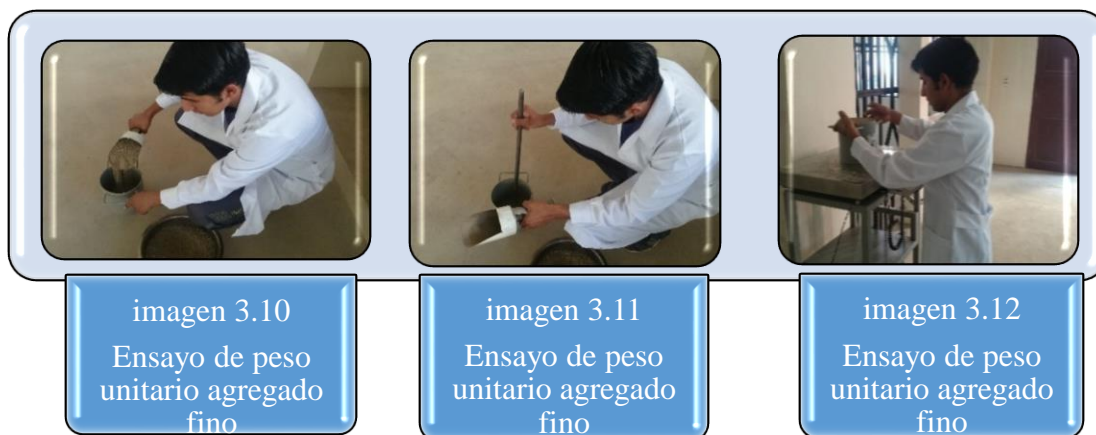


*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.1.1.3 Determinación del peso unitario compactado del agregado fino

EL procedimiento de la obtención de estos resultados está según la norma ASTM C 29.

A continuación se presentan los valores del ensayo.



*Fuente: Elaboración propia*

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 1

Tabla 3.4: Resumen peso unitario agregado fino

Muestra	Peso unitario suelto(gr/cm3)
M1	1,60
M2	1,56
M3	1,57
Promedio	1,58

Muestra	Peso unitario compactado (gr/cm3)
M1	1,69
M2	1,69
M3	1,69
Promedio	1,69

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.1.2 Características del agregado grueso

#### 3.2.1.2.1 Peso específico y absorción del agregado grueso

Obtenido mediante la Norma ASTM C 127. El desarrollo se encuentra detallado en el anexo N°1.





*Fuente: Elaboración propia*

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 2

Tabla 3.5: Resultados del peso específico agregado grueso

<b>Incógnitas</b>	<b>Valor m1</b>	<b>Valor m2</b>	<b>Valor m3</b>	<b>Valor prom.</b>
P.E. a granel (gr/cm <sup>3</sup> )	2,80	2,81	2,72	2,78
P.E. saturado con sup. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2,85	2,86	2,76	2,82
P.E. aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2,94	2,95	2,84	2,91
% de Absorción	1,63	1,64	1,59	1,62

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.1.2.2 Análisis granulométrico del agregado grueso

El procedimiento realizado con base en la Norma ASTM C136, con los límites recomendados en la Norma ASTM C 33. A continuación se presentan los valores del ensayo.



*Fuente: Elaboración propia*

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 2

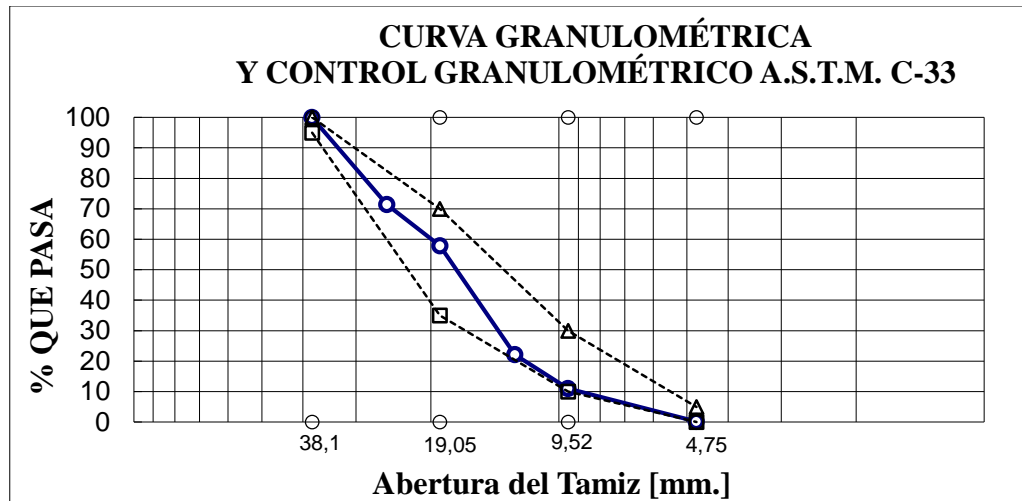
Tabla 3.6: Resultados de granulometría formada 40% grava y 60% de gravilla

Peso Total (gr.)		Grava 4000gr	Gravilla 6000gr	Formada 10000 gr
Tamices	Tamaño (mm)	% que pasa del total	% que pasa del total	% que pasa del total
2"	25,40	100	100	100,00
1 1/2"	19,05	100	100	100,00
1"	12,50	28,43	100	71,37
3/4"	9,50	1,00	95,83	57,90
1/2"	4,75	0,30	36,81	22,20
3/8"	2,36	0,30	18,30	11,08
N°4	1,18	0,30	0,06	0,16
Base	-			

Humedad	
Dato	Gr
Peso muestra húmeda	5120,00
Peso muestra seca	5025,50
Peso agua	94,50
% de humedad	1,88

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 3.2: Curva granulométrica agregado grueso



*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.1.2.3 Determinación del peso unitario compactado del agregado grueso



*Fuente: Elaboración propia*

El procedimiento y la descripción de la práctica se verán en el ANEXO 2

Tabla 3.7: Resumen peso unitario agregado grueso

<b>Muestra</b>	<b>Peso unitario suelto(gr/cm3)</b>
M1	1,35
M2	1,34
M3	1,35
Promedio	1,34

<b>Muestra</b>	<b>Peso unitario compactado (gr/cm3)</b>
M1	1,32
M2	1,43
M3	1,42
Promedio	1,39

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.3 DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA**

Para la dosificación de la mezcla se empleó la norma ACI-211.1, con la cual se pudieron estimar las proporciones de los materiales que interfieren en la elaboración del hormigón. A continuación, se presenta un resumen de todos los pasos a seguir para poder obtener las proporciones de los materiales. El procedimiento completo se encuentra en el Anexo 4.

#### **3.3.1 Selección del asentamiento**

El asentamiento seleccionado de acuerdo a la tabla A.16 (Anexo 3) del resumen de este método, es de 7.50 cm o 3'', para pavimentos.

#### **3.3.2 Selección del tamaño máximo del agregado**

De acuerdo al resultado del análisis granulométrico del hormigón y además tomando en cuenta que cuando hablamos de tamaño máximo del agregado nos referimos “al menor tamiz por el cual pasa toda la muestra de agregado” y cuando hablamos de

tamaño máximo nominal está referido como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel porcentaje retenido acumulado sea del 15 % o más.

- Tamaño máximo (TM) = 38.10 mm
- Tamaño máximo nominal (TMN) = 38.10 mm

### **3.3.3 Determinación de la resistencia de diseño**

De acuerdo a lo propuesto, se pretende obtener una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  que es la resistencia que se emplea para un pavimento rígido.

### **3.3.4 Estimación del contenido de aire**

Como no existen condiciones severas de exposición, se emplea hormigón sin aire incluido, sin embargo, con el tamaño máximo nominal y el asentamiento se estima una cantidad aproximada de aire en el concreto de 1% (ver tabla A.17 Anexo 3)

### **3.3.5 Estimación del contenido de agua de mezclado**

Con los valores de tamaño máximo nominal 1 1/2'', asentamiento de 3'' y sin aire incluido tenemos que el agua de mezclado es igual a  $181 \text{ kg/m}^3$  ver tabla A.17 (Anexo 3).

### **3.3.6 Selección de la relación agua-cemento**

De acuerdo a la resistencia de diseño y debido que se trata de un hormigón sin aire incluido se tiene una relación A/C = 0.48 ver tabla A.18 (Anexo 3).

### **3.3.7 Calculo del contenido de cemento**

La cantidad de cemento por unidad de volumen del hormigón es igual al agua de mezclado (paso 5) dividido entre la relación agua-cemento (paso 6), entonces tenemos que la cantidad de cemento es igual a  $377.08 \text{ kg/m}^3$ .

### **3.3.8 Estimación del contenido de agregado grueso**

Con los valores de tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura de la arena, podemos obtener mediante la tabla A.19 (Anexo 3) un volumen de agregado grueso, seco y compactado por volumen unitario de hormigón de 0.711 y

multiplicado este valor por el peso unitario compactado del agregado grueso, tenemos una cantidad de 988.29 kg/m<sup>3</sup> de agregado grueso.

### 3.3.9 Estimación del contenido de agregado fino

Una vez estimado el contenido de agregado grueso, se debe determinar el contenido de agregado fino, el cual se obtiene por medio de las diferencias. Se puede emplear el siguiente método:

Método por Volumen absoluto.

Sin embargo, estos valores se corrigieron por el contenido de humedad que pueden absorber, debido a que al momento de la dosificación éstos se encontraran en un estado superficialmente seco. A continuación, se muestra, las proporciones calculadas, en peso y volumen.

El procedimiento más detallado de la dosificación se verá en el **ANEXO 4**

**Tabla 3.8: Cantidades de material para dosificación**

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	377,08	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	988,29	kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino	934,16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	181	Lt
Aire	1	%

Proporciones		
Cemento	Arena	Grava
1	2,50	2,60

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4 CEMENTO ASFÁLTICO RECICLADO

#### 3.4.1 Cantidad de ensayos a realizar

Tabla 3.9: Cantidad de ensayos de caracterización

<b>% De modificador</b>	<b>Ductilidad</b>	<b>Punto de ablandamiento</b>
1	36	36
2	36	36
3	36	36
5	36	36
10	36	36

*Fuente: Elaboración propia*

Se realizarán un total de **36 ensayos de caracterización** del cemento asfáltico mezclado con cada uno de los porcentajes de modificador silícico, también se realizarán **3 ensayos de caracterización** del cemento asfáltico reciclado.

Para la obtención del número de muestras de juntas con el material sellador, se estima una cantidad igual al número de briquetas que se necesitarán para realizar los ensayos de esfuerzos, como se muestra a continuación:

Tabla 3.10: Cantidad de ensayos de esfuerzos del sellador aplicado en la junta

<b>% De modificador</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Adherencia</b>	<b>Corte</b>
3	36	36	36
5	36	36	36

*Fuente: Elaboración propia*

Para los ensayos de esfuerzo del sellador en la junta se realizarán un total de **36 briquetas** con porcentajes de modificador, más 36 briquetas con cemento asfáltico reciclado serán un total de 72 Briquetas.

### 3.5 CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO MEZCLADO CON EL MODIFICADOR SILÍCIO CON DISTINTOS PORCENTAJES

#### Descripción

Después de haber obtenido los resultados de la caracterización del cemento asfáltico reciclado, comprobando que no cumple con las especificaciones y teniendo el modificador (sellador silíceo), se procederá a la mezcla del cemento asfáltico reciclado con el modificador en porcentajes de (1%, 2%, 3%, 5%, 10%), luego del mezclado se realizará los mismos ensayos que se realizaran con el cemento asfáltico reciclado donde se obtendrá resultados que posteriormente serán analizados.

#### Procedimiento del Ensayo

Para todas las mezclas de cemento asfáltico añadiendo porcentajes de modificador se realizará el mismo procedimiento que se muestra en las imágenes a continuación:

Imagen 3.22: Mezcla del cemento asfáltico reciclado añadiendo porcentajes de modificador silíceo







*Fuente: Elaboración propia*

Al mezclar el cemento asfáltico reciclado con el modificador se tiene que tomar en cuenta la temperatura de la mezcla tiene que ser a 150°C y mantener un ritmo constante de mezclado por unos 30min y luego dejarlo reposando sin mezclarlo a la misma temperatura por unos 30 min más para que la mezcla sea completada.

### **3.5.1 Caracterización del cemento asfáltico convencional y cemento asfáltico con porcentajes de biomodificador**

Para la caracterización del cemento asfáltico reciclado con porcentajes de modificador se realizarán los mismos ensayos de caracterización que se utilizan para el cemento asfáltico reciclado.

El procedimiento de toda la caracterización del cemento asfáltico reciclado y cemento asfáltico con porcentajes de modificador se verán en el **ANEXO 5**.

#### **3.5.1.1 Ductilidad de materiales bituminosos (designación AASHTO: T 51-93) (designación ASTM: D 113-79)**

##### **Alcance**

La ductilidad de un material bituminoso es medida por la distancia en centímetros a la cual se alargará antes de romper cuando se tiran dos extremos de un espécimen de la briqueta del material, estos extremos son separados a una velocidad especificada y a

una temperatura especificada. A menos que por otra parte se especifique, el ensayo se hará a una temperatura de  $25 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  ( $77 \pm 0.2^{\circ}\text{F}$ ) y con una velocidad de 50 mm por minuto  $\pm 2.5$  mm por minuto. A otras temperaturas la velocidad debe especificarse.

### **Significado y utilización**

Este método de ensayo proporciona una medida de propiedades tensores de materiales bituminosos y puede usarse para medir ductilidad para los requisitos de la especificación.

Imagen 3.23: Realización del ensayo de ductilidad



*Fuente: Elaboración propia*

### **3.5.1.2 Punto de ablandamiento (aparato del anillo y esfera) (designación AASHTO: T 53-92) (Designación ASTM: D 36-89)**

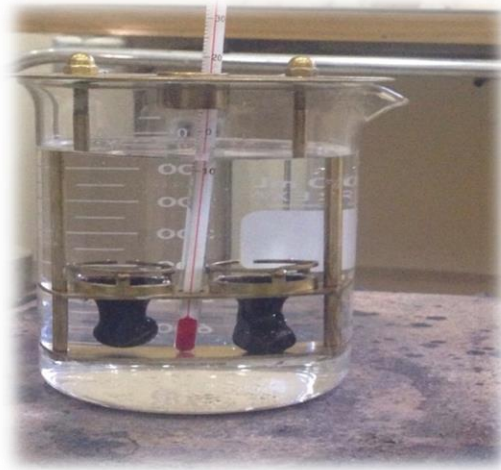
#### **Alcance**

Este método de ensayo cubre la determinación del punto de ablandamiento de betún en el rango de 30 a  $157^{\circ}\text{C}$  ( $86$  a  $315^{\circ}\text{F}$ ) usando el aparato de la anillo-y-esfera sumergido en agua destilada, glicerina USP o glicol del etileno.

#### **Resumen del método de ensayo**

Dos discos horizontales de betún, fundidos en anillos de latón de apoyo, están acalorando a una proporción controlada en un baño líquido mientras soportan una esfera de acero. El punto de ablandamiento se informa como las pobres de las temperaturas a las cuales los dos discos se ablandan suficiente para permitir cada esfera, envolvió en betún, se caiga una distancia de 25 mm (1.0 in.).

Imagen 3.24: Realización del ensayo de punto de ablandamiento



*Fuente: Elaboración propia*

### Resultados de las prácticas:

Tabla 3.11: Resumen de los resultados de caracterización del cemento asfáltico reciclado normal y modificado

Porcentaje de modificador	Ductilidad	Punto de ablandamiento
Reciclado	80	42
1%	75	43
2%	66	44
3%	58	45
5%	44	47
10%	33	50

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para conocer y analizar posteriormente la incidencia de agregar porcentajes de modificador (sellador sikaflex), en el cemento asfáltico reciclado que afecta en el sellador de juntas de pavimento rígido, se realizó el siguiente procedimiento, que se describe a continuación.

Se realizaron diferentes selladores modificados añadiendo distintos porcentajes de modificador (sellador sikaflex) al cemento asfáltico reciclado los porcentajes fueron (1%, 2%, 3%, 5%, 10%), donde se obtuvieron resultados de caracterización (ductilidad y punto de ablandamiento) que se muestran en la tabla 3.11.

#### Justificación de la elección de modificador de 3% y 5%

De los 5 porcentajes, aumentando el porcentaje de modificador la ductilidad tiende a bajar y el punto de ablandamiento a subir, viendo el lado económico se eligió 2 porcentajes de modificadores de 3% y 5% del sellador, que se utilizaran para hacer los ensayos de Trabajabilidad, Adherencia y Corte con la junta. Haciendo un análisis de estos resultados con estos dos porcentajes se verá como es el comportamiento frente a estos esfuerzos que se producen en la junta y si justifica la elección de optar el lado económico.

#### 3.6.1 Procedimiento del Ensayo

##### 3.6.1.1 Calculo de la dilatación de la junta

La junta sufre una dilatación y contracción debido al cambio de temperatura. La fórmula que se utilizó para realizar este cálculo es la que recomienda la AASTHO-93, siendo la siguiente:

$$\Delta L = C * L(\alpha_c * T + Z)$$

Donde:

$\Delta L$  = Apertura de la junta por variaciones de temperatura y contracción por secado (pulg o mm)

$\alpha_c$  = Coeficiente de contracción térmica del hormigón °C<sup>-1</sup>

T = Rango de temperatura (diferencia de temperatura en el momento de vaciado del hormigón y la mínima) (°F<sup>-1</sup> o °C<sup>-1</sup>)

Z = Retracción por secado del hormigón.

L = Espaciamiento entre juntas (pulg o mm)

C = Factor de ajuste, función de la fricción entre losa y subbase. C = 0.80 para subbase granular no tratada. C=0.65 para subbase estabilizada.

Para nuestro caso se calculó la dilatación con los siguientes datos:

Tabla 3.12: Datos de variables para cálculo de dilatación de junta

Variable	Datos	Unidad	Descripción
C=	0,8	-	Para sub base granular no tratada
L=	4000	mm	Longitud que se toma en nuestro medio
$\alpha_c$ =	$10,8 \cdot 10^{-6}$	-	Para agregado tipo grava. Tabla 2.1
T =	27	°C	Datos hidrológicos Estación Aeropuerto
z =	$2,00 \cdot 10^{-4}$	-	Para un clima seco con temperatura media

*Fuente: Elaboración propia*

$$\Delta L = 0.80 * 4000 * (10.80 \times 10^{-6} * 27 + 2.0 \times 10^{-4})$$

$$\Delta L = 1.57 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$$

Por fines constructivos se tomará:

$$\Delta L = 2.50 \text{ mm}$$

Este será el valor con el cual se hace el corte inicial en el pavimento a una profundidad de 1/3 de la altura de la losa.

El ancho de junta requerido es:

$$W = \frac{\Delta L}{S}$$

Donde:

W = Ancho de junta de contracción

$\Delta L$  = Apertura de junta causada por cambios de temperatura y contracción por secado del hormigón

S = Deformación específica admisible del material de sellado. Para asfalto S=0.25mm/mm (25%).

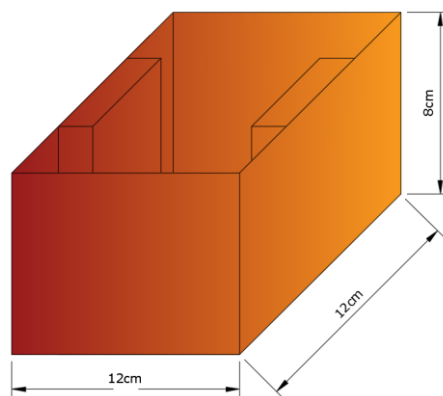
$$W = \frac{2.5}{0.25}$$

$$W = 10 \text{ mm}$$

### 3.6.1.2 Molde para la junta

Para el armado de la junta teniendo el ancho de reservorio calculado anteriormente. Teniendo estos datos se armó los moldes de madera para el vaciado y la obtención de las briquetas. Las dimensiones de los moldes para la junta empleados se muestran a continuación:

Figura 3.3: Ancho y alto externo del molde para la junta



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.25: Moldes para vaciado de briquetas



*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.1.3 Armado de la Junta

Para el armado de la junta, teniendo el molde de madera y los cálculos de la dosificación se procedió al hormigonado para la obtención de las briquetas como se muestran en las siguientes imágenes.

Imagen 3.26: Hormigonado en moldes



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.27: Briqueta desmoldadas



*Fuente: Elaboración propia*

Al armar la junta, se empleó dos materiales icopor y más arriba la tirilla de respaldo que se acomodan al movimiento que ocurre en la junta.

Imagen 3.28: Junta con icopor y tirilla de respaldo



*Fuente: Elaboración propia*

#### **3.6.1.4 Mezclado del cemento asfáltico reciclado normal y modificado con agregado fino**

Para esta mezcla se trabajó con el cemento asfáltico reciclado modificado al 3% (sellador). Se adiciono un porcentaje de arena, la adición se lo realizo para que el sellador tenga una consistencia más sólida. Para la elección del porcentaje óptimo de agregado fino que se adicionara en el sellador, se realizó los ensayos de trabajabilidad, adherencia y corte con diferentes proporciones de agregado fino y sellador. Las proporciones utilizadas fueron:

- 50% de arena – 50% cemento asfáltico reciclado modificado al 3%.
- 30% de arena – 70% cemento asfáltico reciclado modificado al 3%.
- 20% de arena – 80% cemento asfáltico reciclado modificado al 3%.
- 10% de arena – 90% cemento asfáltico reciclado modificado al 3%.



## Proporción 50% de arena – 50% cemento asfáltico reciclado

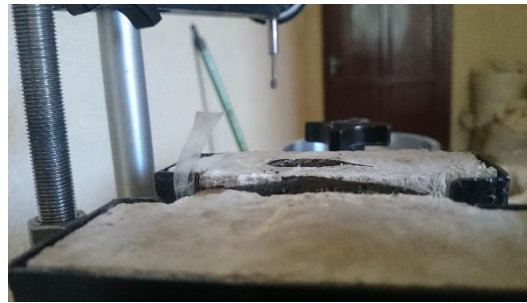
### ➤ Trabajabilidad

Tabla 3.13: Datos de trabajabilidad 50-50

N° Datos	Ciclos
1	3
2	5
Media	4

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.29: Trabajabilidad con porcentaje 50-50



*Fuente: Elaboración propia*

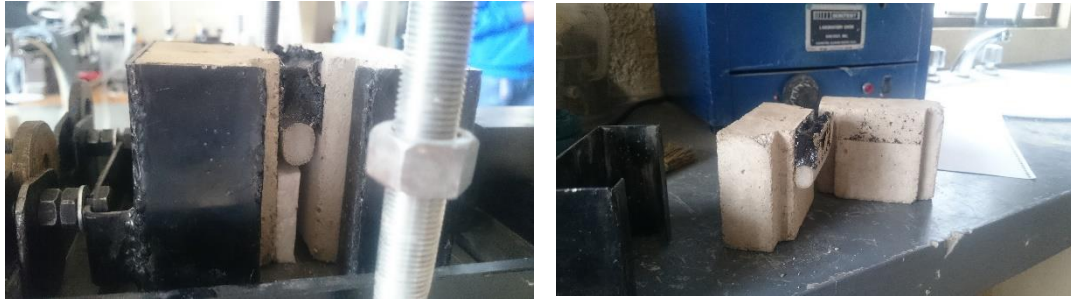
### ➤ Adherencia

Tabla 3.14: Datos de adherencia 50-50

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,00121	25.23	5.08
2	0,00141	29.26	7.62
Media		27.24	6.35

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.30: Adherencia con porcentaje 50-50



*Fuente: Elaboración propia*

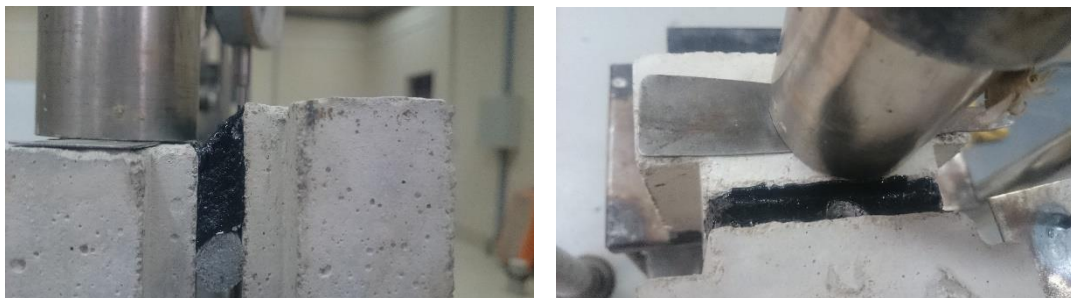
➤ **Corte**

Tabla 3.15: Datos de corte 50-50

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,0015	31.35	9,65
2	0,0016	33.44	10,65
Media		32.40	10.15

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.31: Corte con porcentaje 50-50



*Fuente: Elaboración propia*

## Proporción 30% de arena – 70% cemento asfáltico reciclado

### ➤ Trabajabilidad

Tabla 3.16: Datos de trabajabilidad 30-70

N° Datos	Ciclos
1	46
2	44
Media	45

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.32: Trabajabilidad con porcentaje 30-70



*Fuente: Elaboración propia*

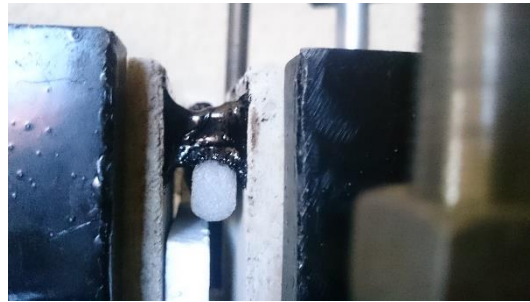
### ➤ Adherencia

Tabla 3.17: Datos de adherencia 30-70

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,00080	16,72	15,78
2	0,00090	18,81	16,35
Media		17,17	16,07

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.33: Adherencia con porcentaje 30-70



*Fuente: Elaboración propia*

➤ **Corte**

Tabla 3.18: Datos de corte 30-70

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,028	23,62	22,35
2	0,032	26,76	24,10
Media		25.19	23.22

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.34: Corte con porcentaje 30-70



*Fuente: Elaboración propia*

## Proporción 20% de arena – 80% cemento asfáltico reciclado

### ➤ Trabajabilidad

Tabla 3.19: Datos de trabajabilidad 20-80

N° Datos	Ciclos
1	35
2	31
Media	33

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.35: Trabajabilidad con porcentaje 20-80



*Fuente: Elaboración propia*

### ➤ Adherencia

Tabla 3.20: Datos de adherencia 20-80

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,00055	11.50	18.20
2	0,00050	10.45	19.35
Media		10.98	18.78

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.36: Adherencia con porcentaje 20-80



*Fuente: Elaboración propia*

➤ **Corte**

Tabla 3.21: Datos de corte 20-80

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,00020	13.59	23.53
2	0,00025	12.54	24.61
Media		13.06	24.07

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.37: Corte con porcentaje 20-80



*Fuente: Elaboración propia*

## Proporción 10% de arena – 90% cemento asfáltico reciclado

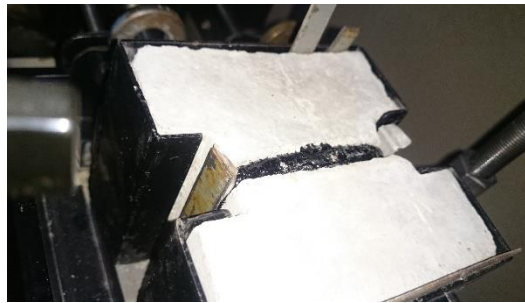
### ➤ Trabajabilidad

Tabla 3.22: Datos de trabajabilidad 10-90

N° Datos	Ciclos
1	15
2	18
Media	17

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.38: Trabajabilidad con porcentaje 10-90



*Fuente: Elaboración propia*

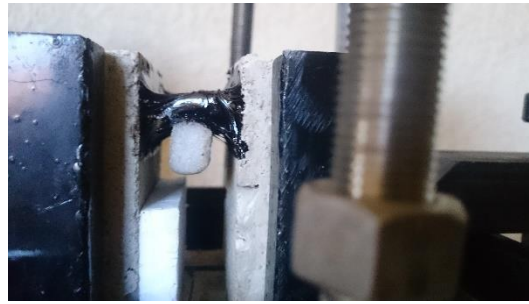
### ➤ Adherencia

Tabla 3.23: Datos de adherencia 10-90

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,00020	6,18	22,26
2	0,00025	5,23	23,33
Media		5,71	22.80

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.39: Adherencia con porcentaje 10-90



*Fuente: Elaboración propia*

➤ **Corte**

Tabla 3.24: Datos de corte 10-90

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,030	8.08	25.51
2	0,032	7.76	26.62
Media		7.92	26.12

*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.40: Corte con porcentaje 10-90



*Fuente: Elaboración propia*



Los procedimientos para estos ensayos se explicarán detalladamente más adelante en descripción del ensayo para trabajabilidad, adherencia y corte.

### Resumen de Resultados

Tabla 3.25: Resultados de proporciones de arena-asfalto para trabajabilidad

<b>Trabajabilidad</b>	
<b>Proporciones</b>	<b>N° Ciclos</b>
<b>50-50</b>	4
<b>30-70</b>	45
<b>20-80</b>	33
<b>10-90</b>	17

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 3.26: Resultados de proporciones de arena-asfalto para adherencia

<b>Adherencia</b>		
<b>Proporciones</b>	<b>Carga (gr)</b>	<b>Deform. (mm)</b>
<b>50-50</b>	27,24	6,35
<b>30-70</b>	17,17	16,07
<b>20-80</b>	10,98	18,78
<b>10-90</b>	5,71	22,80

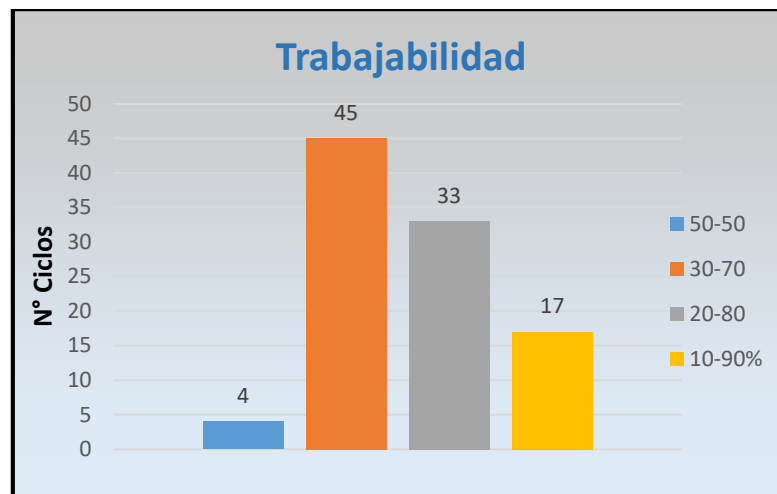
*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 3.27: Resultados de proporciones de arena-asfalto para corte

<b>Corte</b>		
<b>Proporciones</b>	<b>Carga (gr)</b>	<b>Deform. (mm)</b>
<b>50-50</b>	32,4	10,15
<b>30-70</b>	25,19	23,22
<b>20-80</b>	13,06	24,07
<b>10-90</b>	7,92	26,12

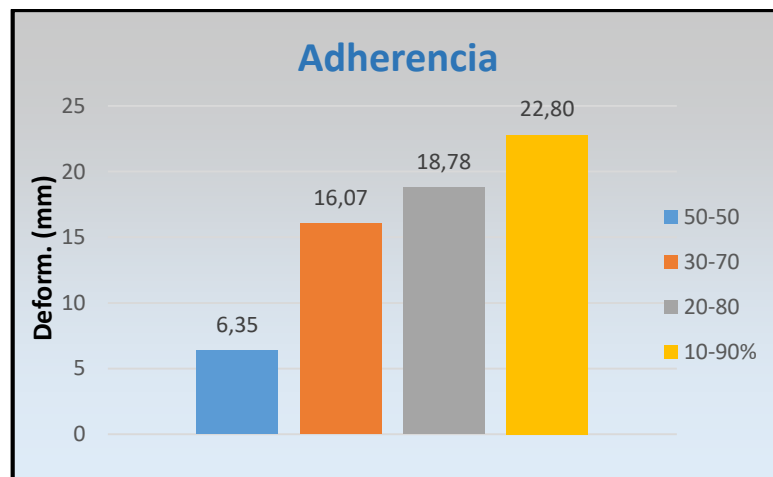
*Fuente: Elaboración propia*

Figura 3.4: Grafico de proporciones de arena-asfalto para trabajabilidad



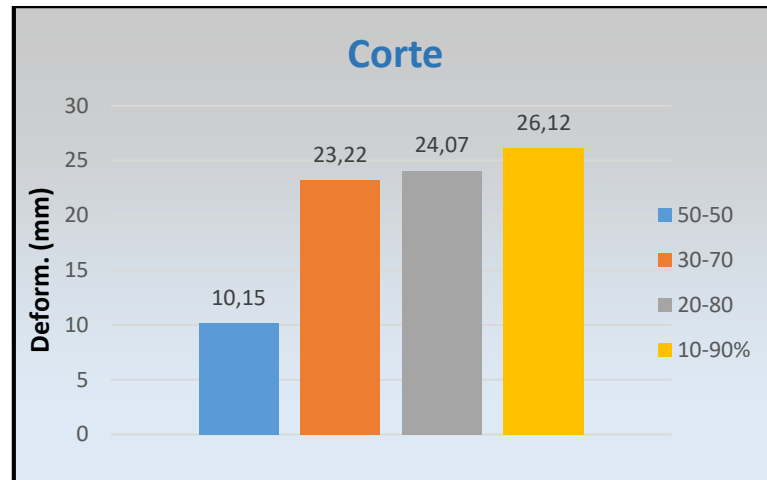
*Fuente: Elaboración propia*

Figura 3.5: Grafico de proporciones de arena-asfalto para adherencia



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 3.6: Grafico de proporciones de arena-asfalto para corte



*Fuente: Elaboración propia*

De los resultados obtenidos al utilizar el porcentaje de 50-50, en la propiedad de trabajabilidad fallo por adherencia con un valor bajo, en las propiedades de adherencia y corte bajan notablemente. Al utilizar los porcentajes de 20-80 y 10-90, se obtuvo buenos resultados en adherencia y corte, en trabajabilidad se obtuvo resultados bajos. Al utilizar el porcentaje de 30-70 se obtuvo mejores resultados, tanto en trabajabilidad, adherencia y corte. Aumentando demasiado agregado fino, la adherencia y corte bajan y la trabajabilidad falla por adherencia. Al adicionar menos agregado fino, la adherencia y corte aumentan y la trabajabilidad disminuye.

De acuerdo a los resultados, el porcentaje que mejores propiedades mostro fue el de 30% de arena – 70% cemento asfáltico reciclado, siendo este el óptimo para realizar los ensayos de trabajabilidad, adherencia y corte.

#### **Calculo de la mezcla de 30% de arena y 70% de cemento asfáltico reciclado**

Peso total muestra= 500gr

30% de arena =  $500\text{gr} \cdot 0.30 = 150\text{gr}$

70% de cemento asfáltico =  $500\text{gr} \cdot 0.70 = 350\text{g}$

Imagen 3.41: Mezclado de sellador con agregado fino

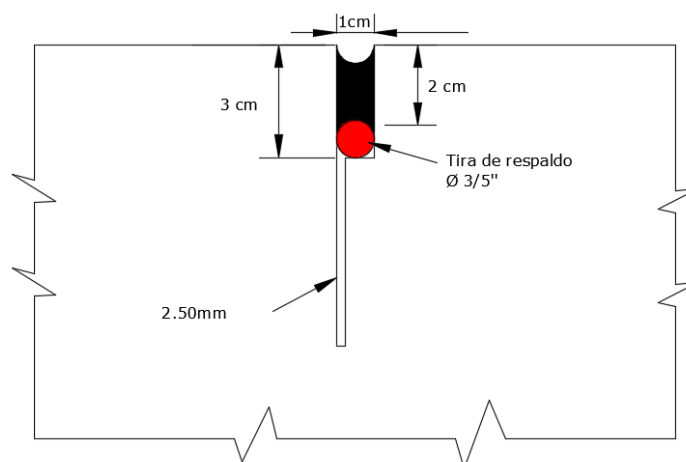


*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.1.5 Vaciado del sellador en la junta

Para vaciar el sellador en la junta se tomó en cuenta las recomendaciones del Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón y Especificaciones Técnicas Particulares “Maestría de Ingeniería Vial”. Teniendo en cuenta la profundidad mínima del sello, la tira de respaldo (Baker Rod), ancho del reservorio calculado anteriormente. Como se muestra a continuación:

Figura 3.7: Dimensiones del reservorio y del sellador



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.42: Vaciado del sellador en la junta



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.43: Desmoldado de la junta con el sellador



*Fuente: Elaboración propia*

### **3.6.2 Descripción del ensayo para trabajabilidad, adherencia y corte**

Para realizar los ensayos de trabajabilidad, adherencia y corte se necesitó un material externo en forma de molde para poder asegurar la junta al equipo. Este material realizó la función de mantener una cara fija y la otra cara móvil, para que de esta manera la junta se mueva libremente al realizar los ensayos. En las siguientes imágenes se muestra el material en forma de molde que se utilizó:

Imagen 3.44: Molde para asegurar la junta en el equipo



*Fuente: Elaboración propia*

En los ensayos de Adherencia y Corte para el sellador con cemento asfáltico reciclado normal y para sellador con los dos porcentajes modificados de 3% y 5%. La ecuación del anillo utilizada para lecturar la carga para una deformación dada fue la siguiente:

$$Y = 1.8457 * X$$

**Donde:**

Y = Carga (libras)

X = Deformación (mm)

**3.6.2.1 Análisis de trabajabilidad**

Para el análisis de la trabajabilidad se trabajó con la dilatación de la junta, calculado anteriormente. La norma ACI-224.2R.95 nos da propiedades requeridas para un sellador de juntas, siendo una de ellas la de tener suficiente recuperación de sus propiedades originales y forma, después de las deformaciones cíclicas.

**Procedimiento**

Para poder realizar este ensayo, se utilizó el material externo descrito anteriormente en forma de molde para sujetar las caras de las juntas en el equipo y puedan quedar bien fijadas a él. Una vez aseguradas y bien fijadas las caras de las juntas en el equipo, con el extensómetro se controló que el equipo al momento de empezar a correr lo hiciera con la distancia de dilatación de la junta, calculado anteriormente. Esta distancia fue de

2.50 mm, con esta distancia se hizo que la junta se cerrara y se abriera a su posición inicial, controlando estos dos movimientos de cerrar y abrir como un ciclo.

Se continuó realizando el ensayo controlando el número de ciclos, observando el comportamiento del sellador en la junta hasta que el mismo se proyectara fuera de la misma. El procedimiento de la práctica se describe a continuación mediante imágenes.

Imagen 3.45: Junta en el equipo antes de realizar el ensayo de trabajabilidad



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.46: Lectura del número de ciclos que ocurre en la junta



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.47: Junta después de realizar el ensayo



*Fuente: Elaboración propia*

### **3.6.2.2 Análisis de adherencia**

Para el análisis de adherencia se trabajó teniendo en cuenta la norma ACI-224.2R.95, donde nos da propiedades requeridas para un sellador de juntas, siendo una de ellas permanecer en contacto con las caras de la junta. El sellador deberá adherirse a la cara de la junta y no fallar en la adhesión, no pelarse en las esquinas o en otras áreas locales de concentración de esfuerzos.

#### **Procedimiento**

Para poder realizar este ensayo, se utilizó el material externo descrito anteriormente en forma de molde para sujetar las caras de las juntas en el equipo y puedan quedar bien fijadas a él. Una vez aseguradas, con el extensómetro que mide la deformación y con el extensómetro del anillo que mide la fuerza, manteniendo una cara de la junta fija y la otra cara libre de movimiento, al empezar a hacer correr en el equipo se controló la deformación y la fuerza, verificando la adherencia del sellador con las caras de las juntas.

Se hizo correr libremente el ensayo, deformando el sellador hasta verificar alguna falla de este. El procedimiento de la práctica se describe a continuación mediante imágenes.



Imagen 3.48: Junta en el equipo antes de realizar el ensayo de adherencia



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.49: Realización del ensayo



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.50: Junta con el sellador después de realizar el ensayo



*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.2.3 Análisis de corte

Para el análisis de corte se trabajó teniendo en cuenta la norma ACI-224.2R.95, donde nos da propiedades requeridas para un sellador de juntas, siendo una de ellas deformarse para acomodar el movimiento y ritmo que ocurre en la junta.

#### Procedimiento

Para poder realizar este ensayo, teniendo la junta armada se procedió a instalarla en el equipo, una vez aseguradas y bien fijas las caras de las juntas en el equipo, con el extensómetro que mide la deformación y con el extensómetro del anillo que mide la fuerza, al empezar a hacer correr el ensayo en el equipo se controló la deformación y la fuerza, verificando el comportamiento del sellador con las caras de las juntas.

Se hizo correr libremente el ensayo, deformando el sellador hasta verificar alguna falla de este. El procedimiento de la práctica se describe a continuación mediante imágenes.

Imagen 3.51: Junta antes de realizar el ensayo de corte



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.52: Realización del ensayo



*Fuente: Elaboración propia*

Imagen 3.53: Junta después de realizar el ensayo



*Fuente: Elaboración propia*

Para más detalle del procedimiento de la investigación de trabajabilidad, adherencia y corte se presenta en el **Anexo 6**.

### 3.6.3 Resultados del ensayo de trabajabilidad, adherencia y corte

#### 3.6.3.1 Trabajabilidad

##### 3.6.3.1.1 Sellador normal sin modificar

Tabla 3.28: Datos de trabajabilidad con asfalto reciclado normal

N° Datos	N° Ciclos	N° Datos	N° Ciclos
1	8	19	7
2	6	20	4
3	9	21	8
4	4	22	9
5	8	23	8
6	9	24	5
7	7	25	8
8	6	26	8
9	8	27	9
10	9	28	10
11	10	29	15
12	7	30	8
13	12	31	7
14	8	32	8
15	9	33	9
16	8	34	8
17	9	35	7
18	8	36	9

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.1.2 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 3%

Tabla 3.29: Datos de trabajabilidad con asfalto reciclado modificado al 3%

N° Datos	N° Ciclos	N° Datos	N° Ciclos
1	52	19	45
2	44	20	41
3	46	21	42
4	43	22	40
5	45	23	50
6	43	24	44
7	42	25	46
8	35	26	43
9	46	27	45
10	43	28	42
11	42	29	46
12	45	30	43
13	44	31	44
14	39	32	42
15	42	33	43
16	43	34	45
17	44	35	30
18	45	36	44

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.1.3 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 5%

Tabla 3.30: Datos de trabajabilidad con asfalto reciclado modificado al 5%

N° Datos	N° Ciclos	N° Datos	N° Ciclos
1	51	19	52
2	56	20	56
3	53	21	53
4	52	22	39
5	55	23	52
6	54	24	53
7	35	25	55
8	52	26	40
9	53	27	54
10	54	28	55
11	55	29	51
12	62	30	52
13	54	31	50
14	56	32	60
15	53	33	54
16	55	34	56
17	53	35	53
18	52	36	55

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.2 Adherencia

#### 3.6.3.2.1 Cemento asfáltico reciclado normal

Tabla 3.31: Datos de adherencia con asfalto reciclado normal

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,00020	4,18	9,65
2	0,00025	5,23	10,65
3	0,00040	8.36	11.52
4	0,00030	6,27	10,38
5	0,00025	5,23	9,77
6	0,00020	4,18	10,05
7	0,00035	7,32	9,90
8	0,00020	4,18	9,75
9	0,00025	5,23	10,05
10	0,00020	4,18	10,28
11	0,00030	6,27	10,15
12	0,00045	9.41	12.02
13	0,00025	5,23	10,08
14	0,00030	6,27	9,98
15	0,00020	4,18	10,13
16	0,00035	7,32	10,30
17	0,00030	6,27	10,40
18	0,00025	5,23	10,18
19	0,00045	9.41	14.92
20	0,00025	5,23	10,63
21	0,00030	6,27	9,78
22	0,00020	4,18	10,35
23	0,00035	7.32	12.00
24	0,00030	6,27	10,03
25	0,00025	5,23	9,88
26	0,00020	4,18	9,73
27	0,00025	5,23	10,03
28	0,00040	8.36	12.01
29	0,00030	6,27	10,13
30	0,00025	5,23	9,90
31	0,00020	4,18	10,05
32	0,00035	7,32	9,95

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
33	0,00020	4,18	10,10
34	0,00025	5,23	10,28
35	0,00020	4,18	10,38
36	0,00030	6,27	10,15

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.2.2 Adherencia cemento asfáltico con modificador al 3%

Tabla 3.32: Datos de adherencia con asfalto reciclado modificado al 3%

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,00060	12.54	17.5
2	0,00070	14,63	16,63
3	0,00080	16,72	15,78
4	0,00090	18,81	16,35
5	0,00085	17.78	18.00
6	0,00075	15,68	16,03
7	0,00065	13,59	15,88
8	0,00070	14,63	15,73
9	0,00075	15,68	16,03
10	0,00090	18,81	16,25
11	0,00080	16,72	16,13
12	0,00085	17,77	15,90
13	0,00065	13,59	16,05
14	0,00075	15,68	15,95
15	0,00080	16,72	16,10
16	0,00070	14.63	14.95
17	0,00090	18,81	16,38
18	0,00085	17,77	16,15
19	0,00065	13,59	16,05
20	0,0007	14,63	16,28
21	0,00075	15,68	16,15
22	0,00065	13,59	16,18



<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
23	0,0008	16,72	16,08
24	0,00085	17,77	15,98
25	0,00065	13,59	16,13
26	0,00075	15,68	16,30
27	0,0008	16,72	16,40
28	0,00065	13,59	16,18
29	0,0007	14,63	15,95
30	0,00075	15,68	16,65
31	0,00085	17,77	15,80
32	0,0008	16,72	16,38
33	0,00085	17,77	18,02
34	0,00065	13,59	16,05
35	0,00075	15,68	15,90
36	0,0007	14,63	15,75

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.2.3 Adherencia cemento asfáltico con modificador al 5%

Tabla 3.33: Datos de adherencia con asfalto reciclado modificado al 5%

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,00085	17,77	20,66
2	0,00090	18,81	21,36
3	0,00100	20,90	20,51
4	0,00095	19,86	21,09
5	0,00100	20,90	22,73
6	0,00080	16,72	20,76
7	0,00090	18,81	20,61
8	0,00085	17,77	20,46
9	0,00080	16,72	18,76
10	0,00085	17,77	20,99
11	0,00090	18,81	20,86
12	0,00080	16,72	20,64
13	0,00095	19,86	20,79
14	0,00100	20,90	20,69
15	0,00080	16,72	20,84

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
16	0,00090	18,81	21,01
17	0,00095	19,86	21,11
18	0,00080	16,72	20,89
19	0,00085	17,77	20,84
20	0,0009	18,81	20,61
21	0,0007	14,63	20,76
22	0,0008	16,72	20,66
23	0,00085	17,77	20,81
24	0,00075	15.68	19.66
25	0,00095	19,86	21,09
26	0,0009	18,81	20,86
27	0,00065	13.59	22.21
28	0,00075	15,68	21,34
29	0,00085	17,77	20,49
30	0,00095	19,86	21,06
31	0,0009	18.81	22.71
32	0,0008	16,72	20,74
33	0,0007	14,63	20,59
34	0,00075	15,68	20,44
35	0,00080	16,72	20,74
36	0,00095	19,86	20,96

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.3 Corte

#### 3.6.3.3.1 Cemento asfáltico reciclado normal

Tabla 3.34: Datos de corte con asfalto reciclado normal

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,023	19,44	17,05
2	0,025	20,48	16,95
3	0,022	18,39	17,10
4	0,026	21.53	23.95
5	0,025	20,48	17,38
6	0,023	19,44	17,15
7	0,022	18,39	18,50
8	0,023	19,44	17,63
9	0,027	22,57	16,78
10	0,025	20,48	17,35
11	0,023	19,44	19,00
12	0,022	18.39	12.03
13	0,026	21,53	16,88
14	0,022	18,39	16,73
15	0,023	19,44	17,03
16	0,022	18,39	17,25
17	0,025	20,48	17,13
18	0,028	23,62	16,90
19	0,022	18,39	16,80
20	0,026	21.53	11.38
21	0,022	18,39	19,02
22	0,023	19,44	17,05
23	0,022	18,39	16,90
24	0,025	20,48	16,75
25	0,028	23.62	23.05
26	0,023	19,44	17,28
27	0,025	20,48	17,15
28	0,022	18,39	16,93
29	0,026	21,53	17,08
30	0,025	20,48	16,98
31	0,023	19,44	17,13

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
32	0,022	18.38	22.30
33	0,023	19,44	17,40
34	0,027	22,57	17,18
35	0,025	20,48	16,95
36	0,023	19,44	17,65

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.3.2 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 3%

Tabla 3.35: Datos de corte con asfalto reciclado modificado al 3%

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,033	27,80	22,05
2	0,032	26,76	21,95
3	0,033	27.80	17.10
4	0,028	23,62	20,95
5	0,031	25,71	22,38
6	0,030	24,67	22,15
7	0,028	23,62	23,50
8	0,030	24,67	22,63
9	0,031	25,71	21,78
10	0,028	23,62	22,35
11	0,032	26,76	24,00
12	0,033	27,80	22,03
13	0,028	23,62	21,88
14	0,031	25,71	21,73
15	0,032	26.76	18.03
16	0,028	23,62	22,25
17	0,030	24,67	22,13
18	0,031	25,71	21,90
19	0,028	23,62	21,80
20	0,031	25.71	26.38
21	0,032	26,76	24,02

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
22	0,030	24,67	22,05
23	0,035	28,85	21,90
24	0,033	27,80	21,75
25	0,027	22,57	22,05
26	0,030	24,67	22,28
27	0,032	26,76	22,15
28	0,035	28,85	21,93
29	0,033	27,80	22,08
30	0,031	25,71	16,98
31	0,028	23,62	22,13
32	0,030	24,67	22,30
33	0,031	25,71	22,40
34	0,035	28,85	27,18
35	0,032	26,76	21,95
36	0,033	27,80	22,65

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3.3.3 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 5%

Tabla 3.36: Datos de corte con asfalto reciclado modificado al 5%

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,043	35,53	28,05
2	0,040	33,44	27,95
3	0,038	31,35	28,10
4	0,039	32,40	22,95
5	0,040	33,44	28,38
6	0,044	36,58	28,15
7	0,041	34,49	29,50
8	0,043	35,53	28,63
9	0,038	31,35	27,78
10	0,040	33,44	32,35

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
11	0,041	34,49	30,00
12	0,039	32,40	21,03
13	0,044	36,58	27,88
14	0,043	35,53	27,73
15	0,036	30,31	28,03
16	0,039	32,40	28,25
17	0,041	34,49	28,13
18	0,044	36,58	27,90
19	0,044	36,58	27,80
20	0,045	37,62	28,38
21	0,040	33,44	30,02
22	0,043	35,53	22,05
23	0,044	36,58	27,90
24	0,040	33,44	27,75
25	0,041	34,49	28,05
26	0,043	35,53	28,28
27	0,045	37,62	28,15
28	0,044	36,58	27,93
29	0,045	37,62	23,08
30	0,040	33,44	27,98
31	0,043	35,53	28,13
32	0,041	34,49	28,30
33	0,040	33,44	28,40
34	0,041	34,49	31,18
35	0,043	35,53	27,95
36	0,040	33,44	28,65

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.7 PRESUPUESTO Y COSTOS DE SELLADORES EXISTENTES EN EL MEDIO

#### 3.7.1 Sellador de juntas con cemento asfáltico reciclado

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE UN SELLADOR DE JUNTAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON CEMENTO ASFALTICO RECICLADO				
<b>Cantidad:</b> 1,00 <b>Unidad:</b> ml <b>Moneda:</b> Bolivianos				
<b>1.- MATERIALES</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento Asfáltico Reciclado	Kg	0,14	0,20	0,03
Arena Clasificada	m3	0,000060	145,00	0,0087
Sellador Sikaflex® PRO	cm3	4,20	0,25	1,05
Cordon de Respaldo ø 15mm	ml	1,00	3,00	3,0000
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>4,09</b>
<b>2.- MANO DE OBRA</b>				
Especialista	hr	0,020	14,76	0,30
Peon	hr	0,20	8,63	1,73
chofer	hr	0,020	10,86	0,22
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>2,24</b>
Beneficios Sociales = (% Del Subtotal de mano de Obra)			55,00%	1,23
Impuesto al Valor agregado = (% Subtotal M.O. + Cargas Sociales)			14,94 %	0,52
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>3,99</b>
<b>3.- EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				
Volqueta 5m3	hr	0,010	119,09	1,19
Compresora x a 210	hr	0,010	108,30	1,08
Herramientas = (% Del Total de la Mano de Obra)			5,00 %	0,20
<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				<b>2,47</b>
<b>4.- GASTOS GENERALES</b>				
Gastos Generales = % De (1+2+3)			8,00 %	0,84
<b>TOTAL GASTOS GENERALES</b>				<b>0,84</b>
<b>5.- UTILIDAD</b>				
Utilidad = % De ( 1+2+3+4)			10,00 %	1,14
<b>TOTAL UTILIDAD</b>				<b>1,14</b>
<b>6.- IMPUESTOS</b>				
Impuestos a las Transacciones = % De ( 1+2+3+4+5)			3,09 %	0,39
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>				<b>0,39</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO (Bs)</b>				<b>12,92</b>

### 3.7.2 Sellador de juntas con cemento asfáltico convencional 85-100

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE UN SELLADOR DE JUNTAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL				
<b>Cantidad:</b> 1,00 <b>Unidad:</b> ml <b>Moneda:</b> Bolivianos				
<b>1.- MATERIALES</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cemento Asfáltico Convencional 85-100	Kg	0,14	11,35	1,59
Arena Clasificada	m <sup>3</sup>	0,000060	145,00	0,0087
Cordon de Respaldo ø 15mm	ml	1,00	3,00	3,0000
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>4,60</b>
<b>2.- MANO DE OBRA</b>				
Especialista	hr	0,020	14,76	0,30
Peon	hr	0,20	8,63	1,73
chofer	hr	0,020	10,86	0,22
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>2,24</b>
Beneficios Sociales = (% Del Subtotal de mano de Obra)			55%	1,23
Impuesto al Valor agregado = (% Subtotal M.O. + Cargas Sociales)			14,94 %	0,52
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>3,99</b>
<b>3.- EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				
Volqueta 5m <sup>3</sup>	hr	0,010	119,09	1,19
Compresora x a 210	hr	0,010	108,30	1,08
Herramientas = (% Del Total de la Mano de Obra)			5,00 %	0,20
<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				<b>2,47</b>
<b>4.- GASTOS GENERALES</b>				
Gastos Generales = % De (1+2+3)			8 %	0,88
<b>TOTAL GASTOS GENERALES</b>				<b>0,88</b>
<b>5.- UTILIDAD</b>				
Utilidad = % De ( 1+2+3+4)			10,00 %	1,19
<b>TOTAL UTILIDAD</b>				<b>1,19</b>
<b>6.- IMPUESTOS</b>				
Impuestos a las Transacciones = % De ( 1+2+3+4+5)			3,09 %	0,41
<b>TOTAL IMPUESTOS</b>				<b>0,41</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO (Bs)</b>				<b>13,54</b>



### 3.7.3 Resumen de presupuesto de costos de selladores de juntas

Tabla 3.37: Datos de presupuesto y costos de selladores

<b>Actividad</b>	<b>Precio unitario (bs/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cantidad (ml)</b>	<b>Costo final (bs)</b>	<b>% De aumento</b>
Cemento asfáltico reciclado	12,92	1,00	12,92	0,00
Cemento asfáltico convencional 85-100	13,54	1,00	13,54	4,84

*Fuente: Elaboración propia*

**CAPÍTULO IV**  
**EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

**4.1 ANÁLISIS DE TRABAJABILIDAD**

**4.1.1 Cemento asfáltico reciclado normal**

Tabla 4.1: Datos de trabajabilidad con asfalto reciclado normal

<b>N° Datos</b>	<b>N° Ciclos</b>	<b>N° Datos</b>	<b>N° Ciclos</b>
1	8	19	7
2	6	20	4
3	9	21	8
4	4	22	9
5	8	23	8
6	9	24	5
7	7	25	8
8	6	26	8
9	8	27	9
10	9	28	10
11	10	29	15
12	7	30	8
13	12	31	7
14	8	32	8
15	9	33	9
16	8	34	8
17	9	35	7
18	8	36	9

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.1.1 Tratamiento estadístico básico

Tabla 4.2: Resultados de trabajabilidad con asfalto reciclado normal

	<b>Ciclos</b>
<b>Sumatoria</b>	252,00
<b>Numero de datos</b>	31,00
<b>Media (hd)</b>	8,13
<b>Mediana</b>	8,00
<b>Moda (Ed)</b>	8,00
<b>Varianza (S)</b>	0,99
<b>Coef. de variación</b>	12,20

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.2 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 3%

Tabla 4.3: Datos de trabajabilidad con asfalto reciclado modificado al 3%

<b>N° Datos</b>	<b>N° Ciclos</b>	<b>N° Datos</b>	<b>N° Ciclos</b>
1	52	19	45
2	44	20	41
3	46	21	42
4	43	22	40
5	45	23	50
6	43	24	44
7	42	25	46
8	35	26	43
9	46	27	45
10	43	28	42
11	42	29	46
12	45	30	43
13	44	31	44
14	39	32	42
15	42	33	43
16	43	34	45
17	44	35	30
18	45	36	44

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.2.1 Tratamiento estadístico básico

Tabla 4.4: Resultados de trabajabilidad con asfalto reciclado modificado al 3%

	<b>Ciclos</b>
<b>Sumatoria</b>	1352,00
<b>Numero de datos</b>	31,00
<b>Media (hd)</b>	43,61
<b>Mediana</b>	44,00
<b>Moda (Ed)</b>	43,00
<b>Varianza (S)</b>	1,56
<b>Coef. de variación</b>	3,59

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.3 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 5%

Tabla 4.5: Datos de trabajabilidad con asfalto reciclado modificado al 5%

<b>N° Datos</b>	<b>N° Ciclos</b>	<b>N° Datos</b>	<b>N° Ciclos</b>
1	51	19	52
2	56	20	56
3	53	21	53
4	52	22	39
5	55	23	52
6	54	24	53
7	35	25	55
8	52	26	40
9	53	27	54
10	54	28	55
11	55	29	51
12	62	30	52
13	54	31	50
14	56	32	60
15	53	33	54
16	55	34	56
17	53	35	53
18	52	36	55

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.3.1 Tratamiento estadístico básico

Tabla 4.6: Resultados de trabajabilidad con asfalto reciclado modificado al 5%

	<b>Ciclos</b>
<b>Sumatoria</b>	1659,00
<b>Numero de datos</b>	31,00
<b>Media (hd)</b>	53,52
<b>Mediana</b>	53,00
<b>Moda (Ed)</b>	53,00
<b>Varianza (S)</b>	1,63
<b>Coef. de variación</b>	3,05

Fuente: Elaboración Propia

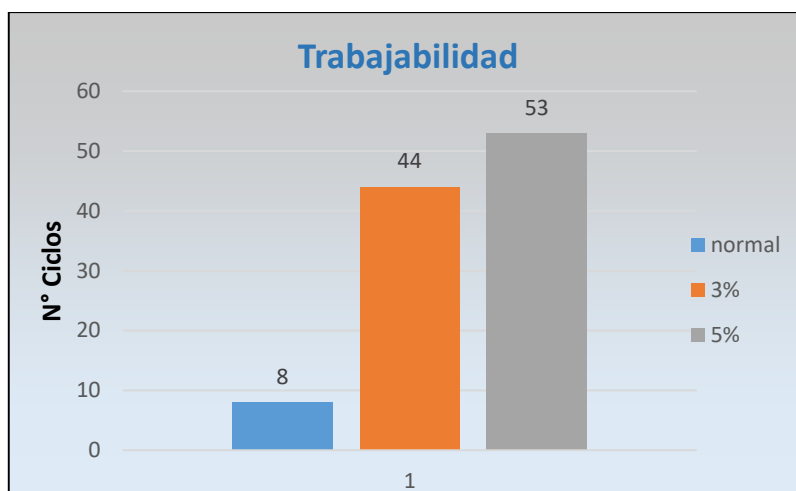
#### 4.1.4 Resumen de datos

Tabla 4.7: Resumen general de datos de trabajabilidad

<b>Trabajabilidad</b>	
<b>Porcentaje de modificador</b>	<b>N° Ciclos</b>
Reciclado	8
3%	44
5%	54

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.1: Resumen de resultados de trabajabilidad



*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.5 Análisis de resultados

Al trabajar con el sellador normal sin modificar y con el modificado, en los primeros ciclos que se realizó, en la junta no se observa algún cambio en el comportamiento del sellador en contacto con las caras de la junta.

- Se observó que, para el sellador normal sin modificar, este se proyectó hacia fuera de la junta con un número de ciclos bajo, siendo el número promedio de 8 ciclos.
- Para el sellador modificado al 3%, este se proyectó hacia fuera de la junta con un número de ciclos mayor al del sellador no modificado, siendo el número de 44 ciclos. Se puede observar que para el cemento asfáltico reciclado modificado el número de ciclos aumento considerablemente.
- Con el sellador modificado al 5%, el número de ciclos con el cual el sellador se proyectó así afuera de la junta, aumento en 54 ciclos.

Con la dilatación y contracción que ocurre en la junta, debido al cambio de temperatura del medio. Se podría decir que el sellador en los primeros ciclos, trabaja satisfactoriamente, pero ese trabajo va cambiando a medida que se va aumentando el número de ciclos, llegando hasta un número de ciclos último donde el sellador se proyecta prácticamente hacia fuera de la junta. Estando el sellador fuera de la junta, es propenso a ser quitado por las ruedas de los vehículos, de esta forma la junta quedaría

sin el sellador completo, haciendo que el mismo no trabaje satisfactoriamente.

## 4.2 ANÁLISIS DE ADHERENCIA

### 4.2.1 Cemento asfáltico reciclado normal

Tabla 4.8 Datos de adherencia con asfalto reciclado normal

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,00020	4,18	9,65
2	0,00025	5,23	10,65
3	0,00040	8.36	11.52
4	0,00030	6,27	10,38
5	0,00025	5,23	9,77
6	0,00020	4,18	10,05
7	0,00035	7,32	9,90
8	0,00020	4,18	9,75
9	0,00025	5,23	10,05
10	0,00020	4,18	10,28
11	0,00030	6,27	10,15
12	0,00045	9.41	12.02
13	0,00025	5,23	10,08
14	0,00030	6,27	9,98
15	0,00020	4,18	10,13
16	0,00035	7,32	10,30
17	0,00030	6,27	10,40
18	0,00025	5,23	10,18
19	0,00045	9.41	14.92
20	0,00025	5,23	10,63
21	0,00030	6,27	9,78
22	0,00020	4,18	10,35
23	0,00035	7.32	12.00
24	0,00030	6,27	10,03
25	0,00025	5,23	9,88
26	0,00020	4,18	9,73
27	0,00025	5,23	10,03
28	0,00040	8.36	12.01

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
29	0,00030	6,27	10,13
30	0,00025	5,23	9,90
31	0,00020	4,18	10,05
32	0,00035	7,32	9,95
33	0,00020	4,18	10,10
34	0,00025	5,23	10,28
35	0,00020	4,18	10,38
36	0,00030	6,27	10,15

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.1.1 Tratamiento estadístico básico

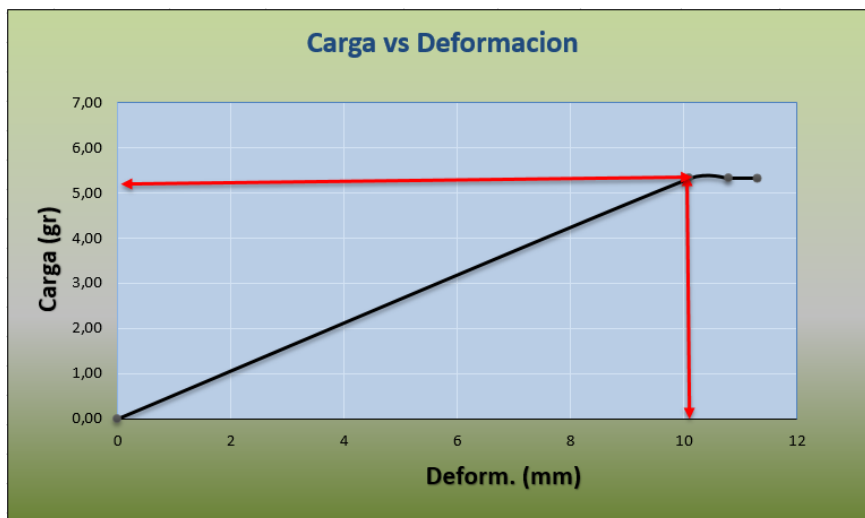
Tabla 4.9 Resultados de adherencia con asfalto reciclado normal

	<b>Carga</b>	<b>Deform.</b>
<b>Sumatoria</b>	166,18	313,00
<b>Numero de datos</b>	31,00	31,00
<b>Media (hd)</b>	5,36	10,10
<b>Mediana</b>	5,23	10,08
<b>Moda (Ed)</b>	4,18	10,05
<b>Varianza (S)</b>	1,04	0,25
<b>Coef. de variación</b>	19,33	2,47

*Fuente: Elaboración propia*



Figura 4.2: Curva carga vs deformación de adherencia con cemento asfáltico normal



*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.2 Adherencia cemento asfáltico con modificador al 3%

Tabla 4.10 Datos de adherencia con asfalto reciclado modificado al 3%

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,00060	12,54	17,5
2	0,00070	14,63	16,63
3	0,00080	16,72	15,78
4	0,00090	18,81	16,35
5	0,00085	17,78	18,00
6	0,00075	15,68	16,03
7	0,00065	13,59	15,88
8	0,00070	14,63	15,73
9	0,00075	15,68	16,03
10	0,00090	18,81	16,25
11	0,00080	16,72	16,13
12	0,00085	17,77	15,90
13	0,00065	13,59	16,05
14	0,00075	15,68	15,95
15	0,00080	16,72	16,10
16	0,00070	14,63	14,95
17	0,00090	18,81	16,38

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
18	0,00085	17,77	16,15
19	0,00065	13,59	16,05
20	0,0007	14,63	16,28
21	0,00075	15,68	16,15
22	0,00065	13,59	16,18
23	0,0008	16,72	16,08
24	0,00085	17,77	15,98
25	0,00065	13,59	16,13
26	0,00075	15,68	16,30
27	0,0008	16,72	16,40
28	0,00065	13,59	16,18
29	0,0007	14,63	15,95
30	0,00075	15,68	16,65
31	0,00085	17,77	15,80
32	0,0008	16,72	16,38
33	0,00085	17,77	18,02
34	0,00065	13,59	16,05
35	0,00075	15,68	15,90
36	0,0007	14,63	15,75

*Fuente: Elaboración propia*

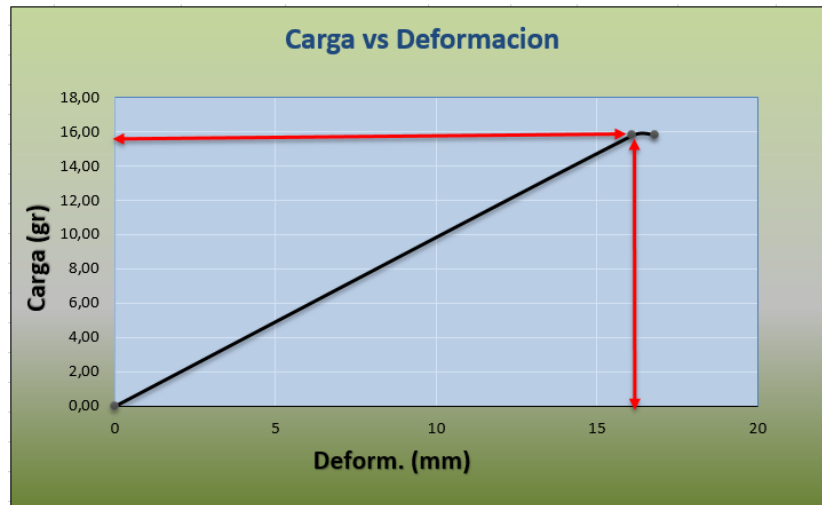
#### 4.2.2.1 Tratamiento estadístico básico

Tabla 4.11 Resultados de adherencia con asfalto reciclado modificado al 3%

	<b>Carga</b>	<b>Deform.</b>
<b>Sumatoria</b>	505,84	515,48
<b>Numero de datos</b>	32,00	32,00
<b>Media (hd)</b>	15,81	16,11
<b>Mediana</b>	15,68	16,09
<b>Moda (Ed)</b>	15,68	16,05
<b>Varianza (S)</b>	1,69	0,23
<b>Coef. de variación</b>	10,72	1,44

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.3: Curva carga vs deformación de adherencia con cemento asfáltico modificado al 3%



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3 Adherencia cemento asfáltico con modificador al 5%

Tabla 4.12 Datos de adherencia con asfalto reciclado modificado al 5%

N° Datos	Lectura (pulg)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,00085	17,77	20,66
2	0,00090	18,81	21,36
3	0,00100	20,90	20,51
4	0,00095	19,86	21,09
5	0,00100	20,90	22,73
6	0,00080	16,72	20,76
7	0,00090	18,81	20,61
8	0,00085	17,77	20,46
9	0,00080	16,72	18,76
10	0,00085	17,77	20,99
11	0,00090	18,81	20,86
12	0,00080	16,72	20,64
13	0,00095	19,86	20,79
14	0,00100	20,90	20,69
15	0,00080	16,72	20,84
16	0,00090	18,81	21,01
17	0,00095	19,86	21,11

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (pulg)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
18	0,00080	16,72	20,89
19	0,00085	17,77	20,84
20	0,0009	18,81	20,61
21	0,0007	14,63	20,76
22	0,0008	16,72	20,66
23	0,00085	17,77	20,81
24	0,00075	15,68	19,66
25	0,00095	19,86	21,09
26	0,0009	18,81	20,86
27	0,00065	13,59	22,21
28	0,00075	15,68	21,34
29	0,00085	17,77	20,49
30	0,00095	19,86	21,06
31	0,0009	18,81	22,71
32	0,0008	16,72	20,74
33	0,0007	14,63	20,59
34	0,00075	15,68	20,44
18	0,00080	16,72	20,89
35	0,00080	16,72	20,74
36	0,00095	19,86	20,96

*Fuente: Elaboración propia*

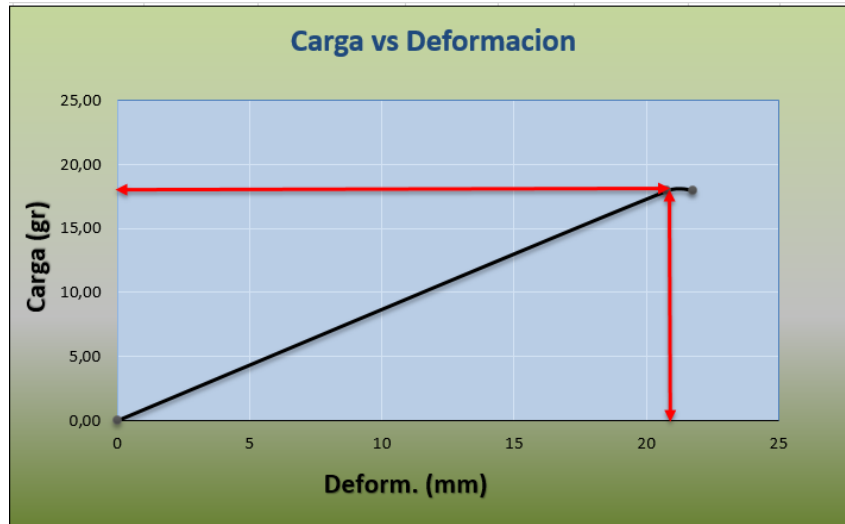
#### 4.2.3.1 Tratamiento estadístico básico

Tabla 4.13 Resultados de adherencia con asfalto reciclado modificado al 5%

	<b>Carga</b>	<b>Deform.</b>
<b>Sumatoria</b>	558,10	645,19
<b>Numero de datos</b>	31,00	31,00
<b>Media (hd)</b>	18,00	20,81
<b>Mediana</b>	17,77	20,79
<b>Moda (Ed)</b>	16,72	20,66
<b>Varianza (S)</b>	1,70	0,24
<b>Coef. de variación</b>	9,45	1,14

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.4: Curva carga vs deformación de adherencia con cemento asfáltico modificado al 5%



*Fuente: Elaboración propia*

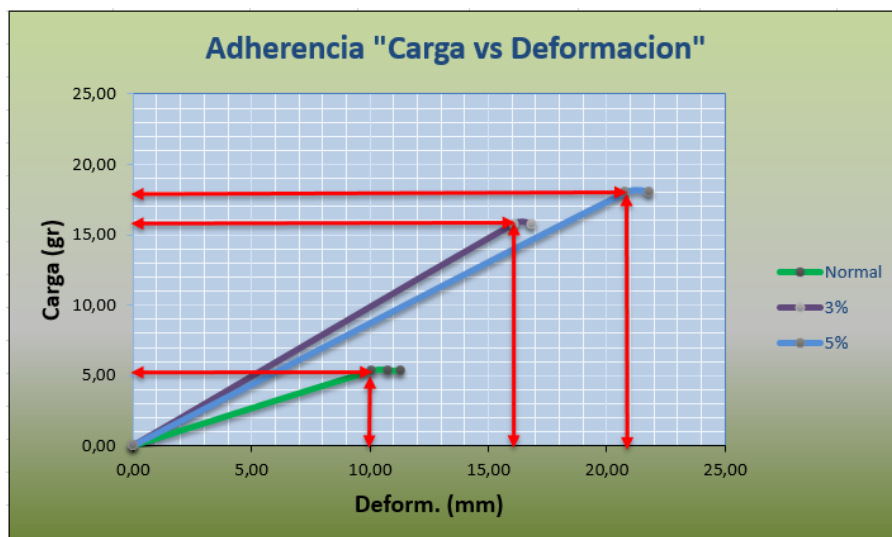
#### 4.2.3 Resumen de datos

Tabla 4.14: Resumen general de datos de adherencia

<b>Adherencia</b>		
<b>Porcentaje de Modificador</b>	<b>Carga (gr)</b>	<b>Deformación (mm)</b>
Reciclado	5.36	10.10
3%	15.81	16.11
5%	18.00	20.81

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.5: Resumen de resultados de adherencia



*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.4 Análisis de resultados

Para este ensayo, aplicando carga al sellador se pudo observar que que el sellador llega a una deformación límite, donde después la carga se mantiene constante y la deformación sigue aumentando. Para esta deformación límite, el sellador empezó a desprenderse de la cara de la junta.

- Se pudo observar que, para el sellador normal sin modificar, la carga necesaria para realizar la deformación del sellador fue la más pequeña, y su deformación límite donde el sellador se desprendió de una cara de la junta, fue relativamente menor en comparación con los demás selladores.
- Al trabajar con el sellador modificado al 3%, la carga necesaria para realizar una deformación fue relativamente un poco mayor, y su deformación para esta carga hasta donde el sellador se desprendió de la cara de la junta aumento en comparación con el sellador no modificado.
- Con el sellador modificado al 5%, la carga necesaria para realizar la deformación límite donde el sellador se desprendió de una cara de la junta se tuvo valores más elevados, estas dos variables de carga y deformación en comparación con el sellador modificado al 3% se ve un cierto incremento de la adherencia con la cara de la junta.

Cuando en la junta se presente un cambio volumétrico de contracción, el sellador tendrá que mantenerse adherido a la cara de la junta debido a ese movimiento que se presente. Al realizar este ensayo se pudo observar que el sellador trabaja de manera aceptable, ya que en la vida real una junta no sufrirá una deformación más grande que la calculada previamente.

### 4.3 ANÁLISIS DE CORTE

#### 4.3.1 Cemento asfáltico reciclado normal

Tabla 4.15 Datos de corte con asfalto reciclado normal

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
1	0,023	19,44	17,05
2	0,025	20,48	16,95
3	0,022	18,39	17,10
4	0,026	21,53	23,95
5	0,025	20,48	17,38
6	0,023	19,44	17,15
7	0,022	18,39	18,50
8	0,023	19,44	17,63
9	0,027	22,57	16,78
10	0,025	20,48	17,35
11	0,023	19,44	19,00
12	0,022	18,39	12,03
13	0,026	21,53	16,88
14	0,022	18,39	16,73
15	0,023	19,44	17,03
16	0,022	18,39	17,25
17	0,025	20,48	17,13
18	0,028	23,62	16,90
19	0,022	18,39	16,80
20	0,026	21,53	11,38
21	0,022	18,39	19,02
22	0,023	19,44	17,05
23	0,022	18,39	16,90
24	0,025	20,48	16,75

N° Datos	Lectura (mm)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
25	0,028	23.62	23.05
26	0,023	19,44	17,28
27	0,025	20,48	17,15
28	0,022	18,39	16,93
29	0,026	21,53	17,08
30	0,025	20,48	16,98
31	0,023	19,44	17,13
32	0,022	18.38	22.30
33	0,023	19,44	17,40
34	0,027	22,57	17,18
35	0,025	20,48	16,95
36	0,023	19,44	17,65

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.1.1 Tratamiento estadístico básico

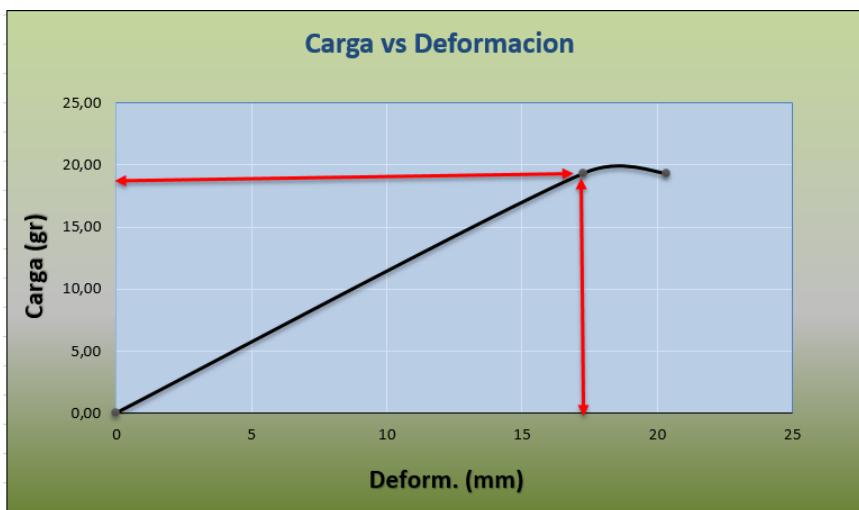
Tabla 4.16 Resultados de corte con asfalto reciclado normal

	Carga	Deform.
<b>Sumatoria</b>	617,25	535,00
<b>Numero de datos</b>	31,00	31,00
<b>Media (hd)</b>	19,91	17,26
<b>Mediana</b>	19,44	17,10
<b>Moda (Ed)</b>	19,44	17,05
<b>Varianza (S)</b>	1,37	0,58
<b>Coef. de variación</b>	6,89	3,35

*Fuente: Elaboración propia*



Figura 4.6: Curva carga vs deformación de corte con cemento asfáltico normal



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 3%

Tabla 4.17 Datos de corte con asfalto reciclado modificado al 3%

N° Datos	Lectura (mm)	Carga (gr)	Deformación (mm)
1	0,033	27,80	22,05
2	0,032	26,76	21,95
3	0,033	27,80	17,10
4	0,028	23,62	20,95
5	0,031	25,71	22,38
6	0,030	24,67	22,15
7	0,028	23,62	23,50
8	0,030	24,67	22,63
9	0,031	25,71	21,78
10	0,028	23,62	22,35
11	0,032	26,76	24,00
12	0,033	27,80	22,03
13	0,028	23,62	21,88
14	0,031	25,71	21,73
15	0,032	26,76	18,03
16	0,028	23,62	22,25
17	0,030	24,67	22,13
18	0,031	25,71	21,90

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
19	0,028	23,62	21,80
20	0,031	25.71	26.38
21	0,032	26,76	24,02
22	0,030	24,67	22,05
23	0,035	28,85	21,90
24	0,033	27,80	21,75
25	0,027	22,57	22,05
26	0,030	24,67	22,28
27	0,032	26,76	22,15
28	0,035	28,85	21,93
29	0,033	27,80	22,08
30	0,031	25.71	16.98
31	0,028	23,62	22,13
32	0,030	24,67	22,30
33	0,031	25,71	22,40
34	0,035	28.85	27.18
35	0,032	26,76	21,95
36	0,033	27,80	22,65

*Fuente: Elaboración propia*

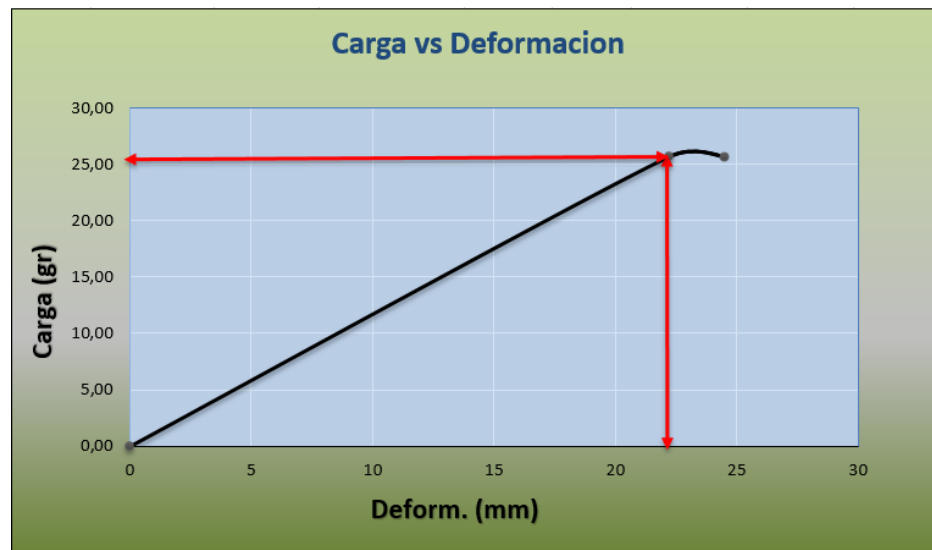
#### 4.3.2.1 Tratamiento estadístico básico

Tabla 4.18 Resultados de corte con asfalto reciclado modificado al 3%

	<b>Carga</b>	<b>Deform.</b>
<b>Sumatoria</b>	794,92	689,05
<b>Numero de datos</b>	31.00	31.00
<b>Media (hd)</b>	25,64	22,23
<b>Mediana</b>	25,71	22,08
<b>Moda (Ed)</b>	23,62	22,05
<b>Varianza (S)</b>	1,77	0,62
<b>Coef. de variación</b>	6,90	2,80

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.7: Curva carga vs deformación de corte con cemento asfáltico modificado al 3%



*Fuente: Elaboración propia*

### 4.3.3 Cemento asfáltico reciclado con modificador al 5%

Tabla 4.19 Datos de corte con asfalto reciclado modificado al 5%

N° Datos	Lectura (mm)	Carga ( gr )	Deformación (mm)
1	0,043	35,53	28,05
2	0,040	33,44	27,95
3	0,038	31,35	28,10
4	0,039	32,40	22,95
5	0,040	33,44	28,38
6	0,044	36,58	28,15
7	0,041	34,49	29,50
8	0,043	35,53	28,63
9	0,038	31,35	27,78
10	0,040	33,44	32,35
11	0,041	34,49	30,00
12	0,039	32,40	21,03
13	0,044	36,58	27,88

<b>N° Datos</b>	<b>Lectura (mm)</b>	<b>Carga ( gr )</b>	<b>Deformación (mm)</b>
14	0,043	35,53	27,73
15	0,036	30,31	28,03
16	0,039	32,40	28,25
17	0,041	34,49	28,13
18	0,044	36,58	27,90
19	0,044	36,58	27,80
20	0,045	37,62	28,38
21	0,040	33,44	30,02
22	0,043	35,53	22,05
23	0,044	36,58	27,90
24	0,040	33,44	27,75
25	0,041	34,49	28,05
26	0,043	35,53	28,28
27	0,045	37,62	28,15
28	0,044	36,58	27,93
29	0,045	37,62	23,08
30	0,040	33,44	27,98
31	0,043	35,53	28,13
32	0,041	34,49	28,30
33	0,040	33,44	28,40
34	0,041	34,49	31,18
35	0,043	35,53	27,95
36	0,040	33,44	28,65

*Fuente: Elaboración propia*

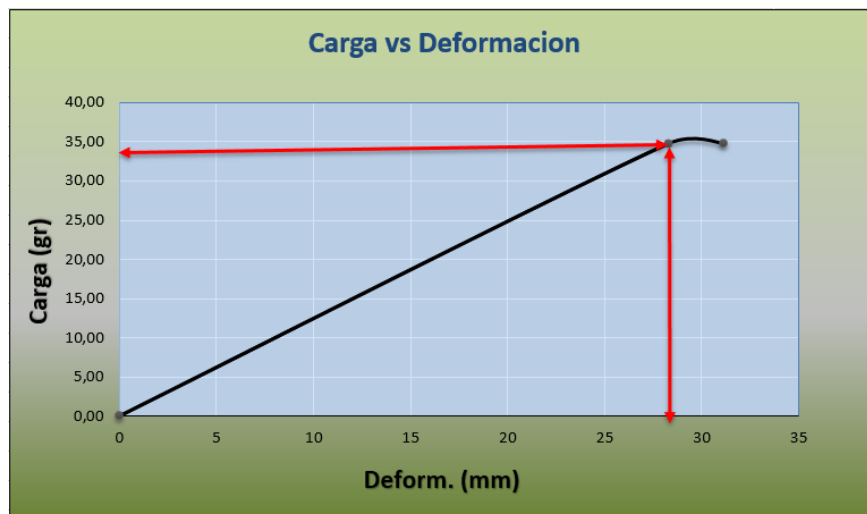
### 4.3.3.1 Tratamiento estadístico básico

Tabla 4.20 Resultados de corte con asfalto reciclado modificado al 5%

	<b>Carga</b>	<b>Deform.</b>
<b>Sumatoria</b>	1039,90	848,07
<b>Numero de datos</b>	30,00	30,00
<b>Media (hd)</b>	34,66	28,27
<b>Mediana</b>	34,49	28,11
<b>Moda (Ed)</b>	33,44	28,05
<b>Varianza (S)</b>	1,86	0,59
<b>Coef. de variación</b>	5,38	2,08

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.8: Curva carga vs deformación de corte con cemento asfáltico modificado al 5%



*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.4 Resumen de datos

Tabla 4.21: Resumen general de datos de corte

Corte		
Porcentaje de Modificador	Carga (gr)	Deformación (mm)
Reciclado	19.91	17.26
3%	25.64	22.23
5%	34.66	28.27

*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.9: Resumen de resultados de Corte



*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.5 Análisis de resultados

Para este ensayo de corte, al trabajar con el sellador, aplicando la carga se pudo observar que a medida que la deformación aumentaba, el sellador empezó a presentar fallas produciéndose el desprendimiento del sellador de la cara de la junta.

- Al analizar el sellador normal sin modificar, se pudo observar que la carga necesaria para realizar la deformación de corte del sellador fue más pequeña a comparación con los demás selladores modificados, y su deformación límite

donde el sellador se desprendió de una cara de la junta, fue relativamente menor en comparación con los demás selladores.

- Al realizar el ensayo de corte con el sellador modificado al 3%, la carga necesaria para realizar una deformación fue un poco mayor, y su deformación para esta carga hasta donde el sellador se desprendió de la cara la junta fue más elevada en comparación con el sellador no modificado.
- Con el sellador modificado al 5%, al realizar el ensayo se pudo observar que la carga necesaria para realizar una deformación de corte del sellador fue un poco mayor, y su deformación limite donde el sellador se desprendió de una cara de la junta también aumento, estas dos variables de carga y deformación en comparación con el sellador modificado al 3% se ve un cierto incremento, necesitando una mayor deformación del sellador para que falle y no trabaje adecuadamente en contacto con las caras de la junta.

#### **4.4 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS**

##### **4.4.1 Trabajabilidad, adherencia y corte**

Comparando los tres selladores, se ve un aumento de sus propiedades del cemento asfáltico reciclado al adicionar porcentajes de modificador. Para el ensayo de adherencia y corte, el sellador se mantiene en contacto con las caras de la junta cuando el pavimento se contrae, llega a una deformación limite donde se presenta falla en la adherencia, aunque esta deformación limite no sucederá en una contracción real de la junta. En el ensayo de trabajabilidad, el sellador no modificado tiende a proyectarse más rápidamente hacia fuera de la junta.

Utilizando los porcentajes de 3% y 5% de modificador sus valores no se encuentran muy alejados, haciendo este análisis, se podría decir que utilizando porcentajes modificadores mayores al de 5%, al no ser muy grande la variación de resultados que se obtiene con el de 3%, no justificaría utilizar mayores porcentajes de 5% viendo el lado económico.

##### **4.4.2 Utilización del nuevo sellador en grietas o fisuras de pavimento rígido**

El pavimento puede sufrir varias fallas durante su vida útil de servicio, entre esas fallas

están las fisuras o grietas que se presentan en un pavimento rígido, para la reparación de estas fallas se realiza un sellado de estas grietas, el tratamiento de reparación que se lo dará dependerá del grado de la fisura o grieta que se presente, la forma y el comportamiento es diferente al de una junta en un pavimento rígido. La junta se la diseña para que tenga una determinada forma y se induzca la fisura del pavimento en ese lugar, mientras que una fisura o grieta tiene una forma irregular y se puede producir en cualquier lugar del pavimento, debido a una falla estructural. El presente trabajo de investigación fue realizado únicamente para el análisis del comportamiento del sellador en las juntas de pavimento rígido, su aplicación de este sellador para otras fallas en el pavimento requeriría otro análisis diferente.

#### **4.4 ANÁLISIS DE COSTO ECONÓMICO DEL MATERIAL SELLADOR**

Al utilizar un sellador a base de cemento asfáltico convencional 85-100, la diferencia en el costo económico no es muy significativa ya que aumenta en un 4.84%, utilizando un sellador a base de cemento asfáltico reciclado, estaríamos yendo por el lado económico y un tema importante que sería su reutilización para evitar la contaminación del medio ambiente.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Se pudo realizar el análisis del comportamiento del material sellador reciclado en contacto con las caras de las juntas.
- Se realizó el muestreo y caracterización de los diferentes materiales para la elaboración de la junta y del material sellador.
- Aplicando el modificador (sellador sikaflex), la disminución de la susceptibilidad térmica se refleja específicamente en el punto de ablandamiento (aumenta) y la ductilidad (disminuye).
- Utilizando el modificador (sellador sikaflex), el punto de ablandamiento aumenta, haciendo que el asfalto tenga un buen desempeño cuando trabaje a altas temperaturas.
- Se pudo elaborar briquetas en forma de junta aplicando el sellador, donde se sometieron a ensayos de trabajabilidad, adherencia y corte para determinar sus propiedades del mismo.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, modificando el cemento asfáltico reciclado con porcentajes de 3 y 5% de modificador, el cemento asfáltico cambio sus propiedades presentando valores mayores de trabajabilidad, adherencia y corte en comparación con el cemento asfáltico reciclado sin modificar.

- Trabajando con el porcentaje de 5% de modificador de (sellador sikaflex), los valores de las propiedades de trabajabilidad, adherencia y corte aumentaron en comparación con el porcentaje modificado al 3%, pero su aumento no fue muy significativo, presentando valores muy cercanos.
- Las propiedades de trabajabilidad, adherencia y corte empleando 3% de modificador (sellador sikaflex), sus valores aumentaron en comparación con el sellador normal en base a cemento asfáltico reciclado y en comparación con el modificador de 5% presentan valores muy próximos, el costo de emplear el sellador Sikaflex es elevado, con esto podemos decir que el porcentaje de 3% sería el sellador más recomendable para su utilización como sello de juntas en pavimento rígido.
- Se pudo observar que, al utilizar un cemento asfáltico reciclado con porcentajes de modificador, este sellador posee un mejor comportamiento al trabajar en contacto con las caras de la junta, esto favorecerá para que la junta trabaje correctamente y la estructura del pavimento no se vea afectada, teniendo en cuenta que una de las causas de los deterioros en un pavimento rígido se debe al mal funcionamiento de las juntas.
- Utilizar un cemento asfáltico reciclado se va por el lado económico, al ser su costo menor en un 4.84% en comparación con un cemento asfáltico normal y su reutilización sería un tema favorable para el medio ambiente.
- Al usar un sellador modificado no altera los procedimientos usados normalmente en los trabajos de sello de junta.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al trabajar con cemento asfáltico a temperaturas altas se utilice el equipo necesario de seguridad para su manipuleo: guantes de cuero o lona, gafas de seguridad, ropa adecuada de preferencia un overol y mascarillas (tipo barbijo) para evitar la inhalación de gases u otras sustancias.
- En caso de un accidente de una quemadura con asfalto, aplicar agua o hielo inmediatamente, no remover el asfalto de la piel y tampoco cubrir con una venda, recurrir inmediatamente a un médico.
- Se debe tener mucho cuidado al utilizar los equipos para realizar la medición ya que se necesita precisión de los mismos.
- Tomar en cuenta el corte, la limpieza que se realiza en la junta para que el reservorio tenga la forma deseada y de esta manera el sellador pueda trabajar adecuadamente.
- Es importante respetar la profundidad de sellado, que este por debajo del borde de la junta, para que al momento de dilatarse y contraerse la junta el sellador no sea más propenso a salirse y proyectarse fuera del reservorio.
- Se recomienda estudiar con más profundidad estos tipos de modificadores ya que son materiales existentes en el mercado y la vida útil de un pavimento está relacionada con el buen funcionamiento del sellador en una junta.