



# **COMPORTAMIENTO DE PASADORES EN JUNTAS DE DILATACIÓN PARA PAVIMENTO RÍGIDO CON MATERIALES ALTERNATIVOS**

## **CAPÍTULO I “INTRODUCCIÓN”**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La necesidad de construir juntas en los pavimentos rígidos es de notoria importancia, ya que de no hacerlo se presentarían grietas a intervalos bastantes regulares debido a la contracción y dilatación del concreto.

Las juntas son generalmente puntos débiles de la superficie de rodamiento en los cuales pueden presentarse desperfectos al aumentar los pesos de los vehículos; pueden también, desportillarse por el efecto de elementos extraños en las mismas, tales como piedras, etc. Provocando, además un aumento en los gastos de conservación por lo que es conveniente tener mucho cuidado en su proyecto y construcción.

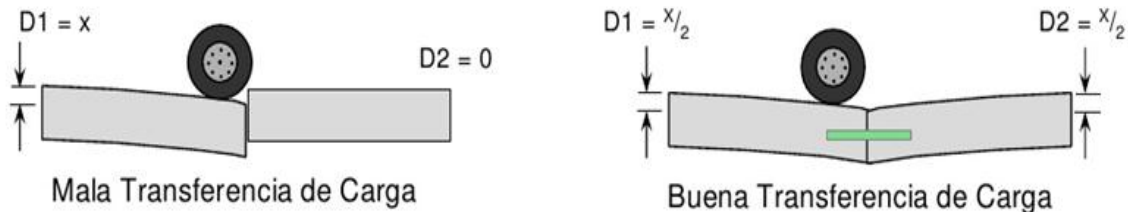
La retracción inicial del hormigón y las variaciones del volumen por cambios de temperatura y humedad hacen necesaria la construcción de juntas para evitar la aparición aleatoria de fisuras en el pavimento, mediante la transmisión de cargas, por otro lado las juntas facilitan el alabeo de las losas estos beneficios van muy relacionados a los siguientes factores que contribuyen a la transferencia de carga a través de juntas:

- Trabazón entre agregados, es la acción de entrelazado entre partículas de agregados en el paramento de la junta.
- Las Sub-bases estabilizadas
- Dispositivos de transferencia mecánica de carga, por ejemplo, los pasadores.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

La transferencia de carga, es la capacidad que tiene un pasador para transmitir parte de una carga aplicada desde un lado de la junta hasta el lado opuesto.

### Es la capacidad de una losa de transferir su carga a una losa vecina



La transferencia de carga es necesaria para lograr un buen comportamiento de los pavimentos de concreto. La transferencia adecuada de carga disminuye las flexiones, y reduce la falla, el desportillamiento y la rotura de las esquinas.

Finalmente la trabazón entre agregados por sí misma, no proporciona suficiente transferencia de carga para lograr un buen comportamiento a largo plazo, en la mayoría de los pavimentos para carreteras sometidas a tráfico pesado de camiones ha fallado.

Las pasa-juntas son varillas redondas lisas que se colocan a través de las juntas para transferir las cargas sin restringir el movimiento horizontal de la junta.

Las pasa-juntas disminuyen la deflexión y los esfuerzos en la losa de concreto y reducen el potencial de falla, efecto de bombeo de finos y rotura en las esquinas. Esto es válido en el caso de tableros cortos y separaciones mayores entre juntas.

Mediante una revisión en lo que es la parte teórica del tema sujeto a investigación, pudo constatar que si bien existen a nivel general algunas investigaciones relacionadas con el uso de pasadores para juntas de dilatación en el pavimento rígido, no existe una propiamente igual a tema. Simplemente se cuenta con algunas



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

investigaciones que tratan sobre distintos métodos del mejor aprovechamiento de pasadores tanto en su resistencia como en su colocado en obra.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Los pavimentos de concreto, difieren de los flexibles, en que poseen una resistencia a la flexión de 45 kg/cm<sup>2</sup>. A su vez las armaduras de acero que se utilizan en los pavimentos rígidos como pasadores son un mecanismo importante de traslado de carga, y contemplan una resistencia a la flexión aproximada a los 4200 kg/cm<sup>2</sup>, lo que nos lleva a establecer que estas barras contemplan la mayor parte del esfuerzo a flexión, provocando que el hormigón no trabaje como es debido su resistencia.

Por otro lado el factor económico es un parámetro fundamental que nos impulsa a considerar esta investigación como viable ya que el costo que significa el uso de pasadores de barras de acero liso, ha llevado a buscar otros dispositivos más económicos para la transferencia de cargas entre una losa y otra, con este propósito es que se propone investigar sobre el uso de tubería estructural de: 1<sup>1/4</sup>” y 1<sup>1/2</sup>” con un espesor de pared de 2 mm rellenas con mortero y vacías, considerando la diferencia económica que existe entre estos materiales alternos y la barra de acero liso.

Tras una revisión detallada de la bibliografía existente, se puede señalar que en nuestro medio no se han desarrollado estudios similares, mucho menos se ha probado la innovación con estos materiales alternos esto nos muestra otro punto viable por el cual se propuso realizar esta investigación.

La investigación ofrecerá una parte teórica y práctica dentro de lo que son algunos materiales alternos como la tubería estructural de: 1<sup>1/4</sup>” y 1<sup>1/2</sup>” con un espesor de pared de 2 mm rellenas con hormigón y vacía en el uso de pasadores para juntas de dilatación, que nos ayude a deducir y comprobar algunas teorías planteadas, a través del análisis de su comportamiento estructural, en busca de establecer si se puede o no tomar a estos materiales alternos como una opción más para lo que son los pasadores en juntas de dilatación.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

De constatarse que alguno de los materiales alternos con los que se desea trabajar en la investigación ofrece mejores resistencias que la barra lisa de 1”, serían muchos los beneficios que podrían obtenerse puesto, que se contaría con una opción más dentro del mercado, se lograría aprovechar mejor las propiedades de resistencia a la flexión del hormigón para el pavimento rígido, sería una buena alternativa técnica si se compartiese la información obtenida en caso de que la misma arroje resultados favorables con alguna empresa que desee incorporar el material alternativo, que pueda ser usado como pasador de un modo industrial buscando que el mismo este a la disposición de la demanda en la construcción de pavimento rígido.

Al llegar a resultados favorables que ofrezcan todos los beneficios señalados, esta investigación busca no favorecer en conocimientos solo a la persona que la ejecuta si no poder aportar de algún modo a lo que es la ampliación de una parte de la ingeniería civil, de la mención de vías.

### **1.3 HIPÓTESIS**

En el análisis de materiales alternos para juntas de dilatación, se establecerá que tan resistentes a la flexión son los materiales alternos, y si los mismos, ofrecen una resistencia a la flexión igual o mayor a la resistencia a flexión del hormigón para el pavimento rígido.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Realizar un análisis acerca del comportamiento de pasadores con materiales alternativos respecto a su resistencia para su uso en juntas de pavimento rígido cuyas condiciones técnicas y económicas sean favorables.



### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar todos los conceptos necesarios relacionados al pavimento rígido, juntas de dilatación y pasadores, para poder establecer todos los lineamientos que deberán seguirse para la correcta ejecución de la parte práctica de la investigación.
- Obtener toda la información acerca de los materiales adicionales para desarrollar la parte práctica de la investigación y preparar correctamente los materiales empleados (grava, arena, cemento, tubería estructural), antes de dar inicio con la parte central de la investigación el vaciado de los moldes con hormigón.
- Desarrollar las actividades concernientes a la investigación de una forma correcta y ordenada para poder finalmente establecer los resultados obtenidos.
- Realizar los cuadros comparativos entre el fierro liso y los materiales alternos que nos ayuden a establecer claramente cómo fue su comportamiento estructural en los ensayos de laboratorio.
- Analizar cuál de los materiales alternos empleados ofrece mejores condiciones de resistencia para ser empleado como pasador en juntas de dilatación.
- Elaborar las conclusiones a las que se llegó dentro de los lineamientos establecidos.

Y realizar las correspondientes recomendaciones basadas en las experiencias recolectadas y en busca de la mejora de las alternativas futuras en investigaciones similares.



## 1.5 ALCANCE

Esta investigación que trata acerca del comportamiento respecto a su resistencia de pasadores en juntas de pavimento rígido tomando como material alternativo la tubería estructural hueca o rellena, trata de abarcar desde una introducción inicial en donde se desarrollaran diferentes ideas relacionadas con establecer los distintos objetivos que se persiguen, desde el general hasta los específicos. Además de desplegar todas aquellas razones que nos motivaron a escoger esta idea de investigación y sostenerla como viable en su ejecución, presentamos además todas las generalidades que nos parecen importantes, logrando de esta forma englobar todas las ideas claves que nos orientarán hacia un correcto planteamiento del tema, consiguiendo de esta forma alcanzar la meta trazada a lo largo del desarrollo de la investigación.

Se verá también un capítulo dedicado netamente a establecer todos los conceptos importantes, relacionados con el pavimento rígido desde su concepto hasta, el control de calidad que debe hacerse para que el mismo cumpla con todos los requerimientos que correspondan, y lo haga del modo más adecuado. Lo que buscamos con el desglose de cada concepto es que de una forma clara y precisa se logre comprender el comportamiento estructural del pavimento rígido, ya que el mismo es una parte importante dentro de la investigación y de esta forma poder disolver cualquier duda que pudiera presentarse a medida que se profundice en el tema.

Es importante al igual que para el pavimento rígido no dejar de lado lo que son las juntas de dilatación, además de hacer mención a todo lo concerniente con ellas, se verá desde su concepto, su clasificación y todos los demás puntos que sean importantes. Contempla la parte esencial en lo que es la fundamentación y complementación de la parte teórica de la investigación, lo que nos lleva, a ser lo más claros y precisos en el desglose de cada concepto, logrando de este modo ampliar la idea que se tiene sobre el tema que se investigara.

Una vez que se logre establecer claramente cada concepto teórico, podremos adentrarnos en la parte práctica de la investigación, partiremos por realizar cada



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

actividad concerniente con la práctica siguiendo todos los lineamientos establecidos, en el desarrollo de la práctica buscaremos hacer realidad, en la medida que sea posible la hipótesis planteada, para ello partiremos desde la recaudación de datos y materiales base, preparación de materiales alternos, obtención de resistencias, etc. Para finalmente obtener suficientes ensayos de laboratorio que nos permitan hacer un análisis comparativo de cada una de las pruebas realizadas llegando así a los resultados finales. En esta parte de la investigación desarrollaremos diversos pasos secuenciales que se ejecutaran en busca de la obtención de resultados favorables que nos permitan obtener por lo menos un material alternativo que nos ofrezca una resistencia mejor a la de la barra lisa de 1”, o en el caso más desfavorable recaudar experiencias suficientes, como para poder verter afirmaciones sobre los materiales alternos con los que se trabajó, las mismas serán planteadas como apoyo a investigaciones futuras que pudieran realizarse con temas similares al que se está encarando.

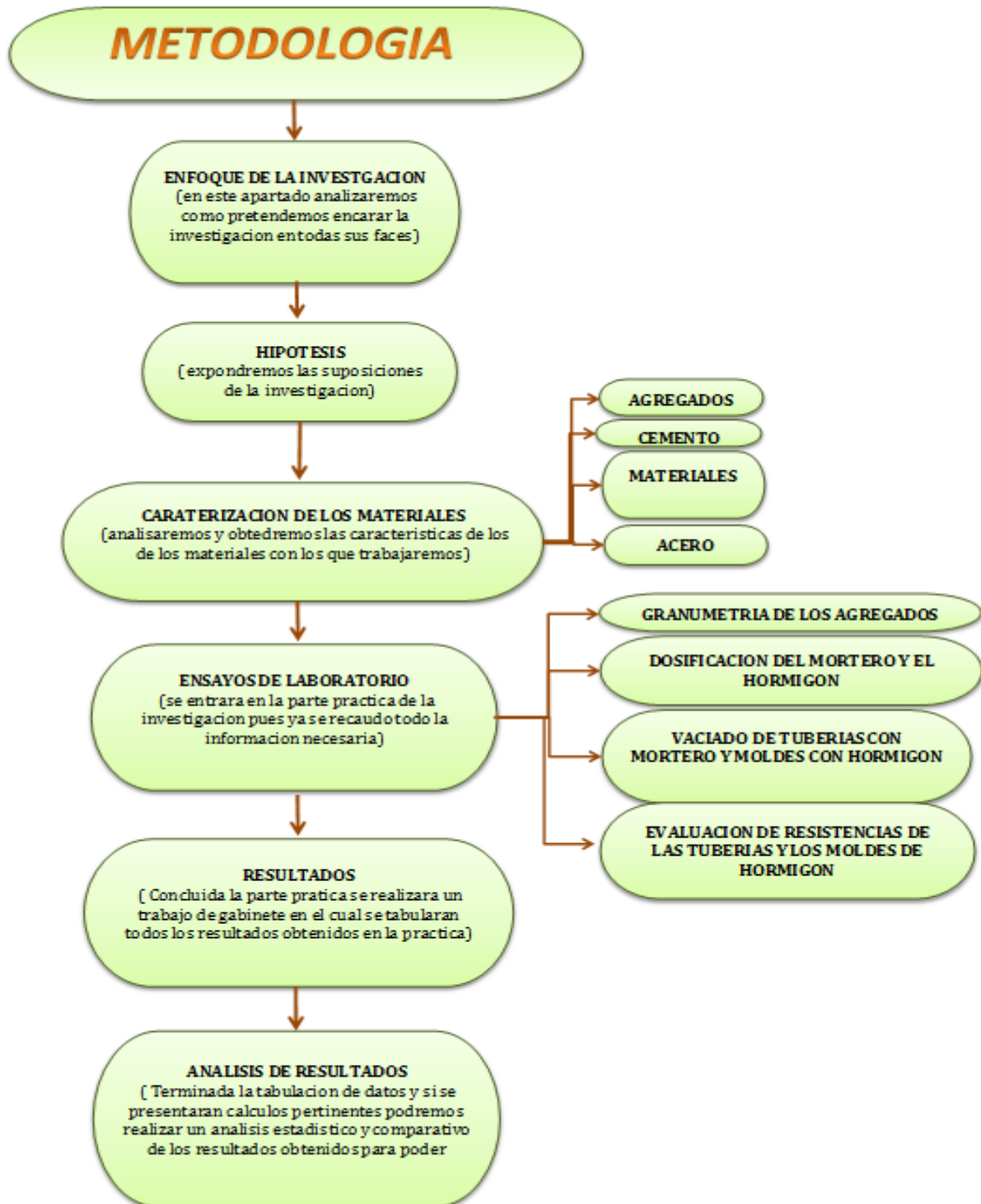
Finalmente para concluir con el trabajo planteado, y después de realizar la investigación estaremos lo suficientemente capacitados como para poder verter conclusiones acerca de la investigación y lo que se logró con la misma, dichas conclusiones deberán transmitir las ideas más completas y centrales tanto positivas como negativas, estas saldrán del análisis de los resultados obtenidos, posteriores a este análisis encontraremos las recomendaciones pertinentes a cada caso que nacerán de cada falencia que pueda identificarse en el análisis anterior.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

## 1.6 METODOLOGÍA

Para la correcta ejecución de la parte práctica de la investigación seguiremos la siguiente metodología.



## CAPÍTULO II “ASPECTOS GENERALES DEL PAVIMENTO RÍGIDO”

### 2.1 DEFINICIÓN

El Pavimento Rígido es una estructura vial que tiene como finalidad resistir los esfuerzos producidos por el tráfico, brindando una superficie de rodadura limpia, cómoda, segura y durable, por medio de losas de hormigón hidráulico que pueden tener o no refuerzo.

Este pavimento se compone de losas de concreto que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

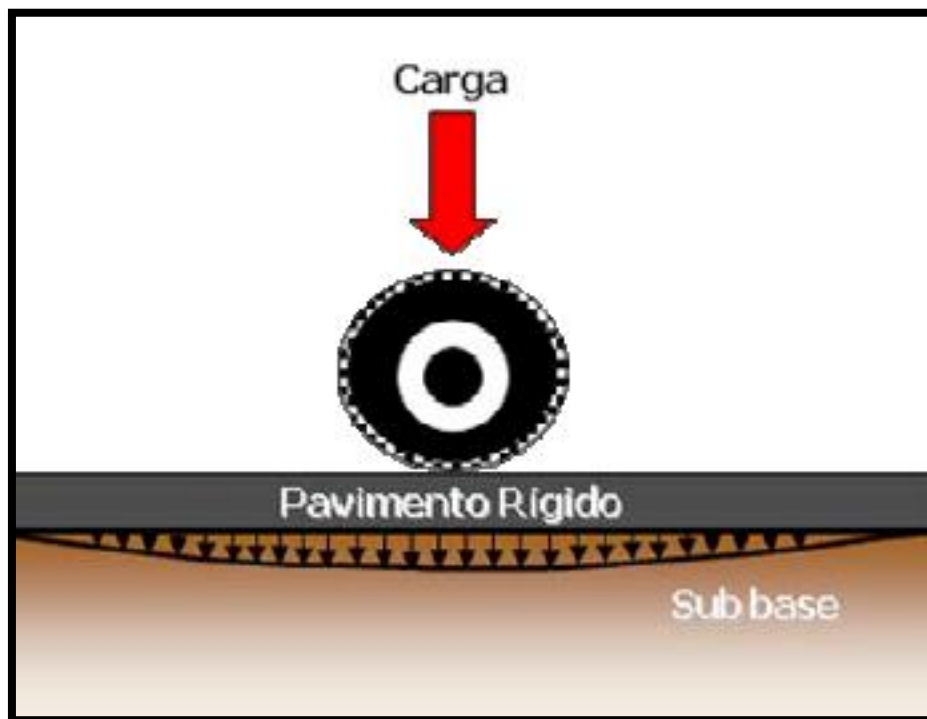


FIGURA N° 1, Esquema estructural del pavimento rígido.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

Los pavimentos de concreto o pavimento rígido como también se les designa, difieren de los pavimentos flexibles, primero, en que poseen una resistencia considerable a la flexión, y segundo, en que son afectados grandemente por los cambios de temperatura.

Los pavimentos rígidos están sujetos a los siguientes esfuerzos:

- Esfuerzos de compresión y tensión que resulta de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

En virtud de estar los pavimentos rígidos sujetos a los esfuerzos ya anotados, es notorio que para que estos pavimentos cumplan en forma satisfactoria y económica la vida útil que de ellos se espera, es necesario que su proyecto esté basado en los siguientes factores:

- Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.
- Valor relativo de soporte y características de la sub-rasante.
- Clima de la región.
- Resistencia y calidad del concreto a emplear.

Si no se toma en cuenta alguna de los puntos mencionados en un proyecto, el pavimento no será económico, por ejemplo, si los espesores de las losas de concreto son muy elevados, su capacidad de carga es mayor a la que realmente soporta y tendrá un comportamiento satisfactorio, pero su costo de construcción será excesivo. Por el contrario, si los espesores son menores que los requeridos para las cargas que soportara, se acortara su vida de servicio y tendrá un costo de conservación muy alto y por lo tanto se volverá antieconómico y con un comportamiento poco satisfactorio.



## 2.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

### 2.2.1 Aspectos Generales

En el diseño de losas de concreto para pavimentos rígidos se debe contemplar con mucho cuidado los componentes de la losa, si todos estos componentes son proporcionados de forma adecuada, el producto terminado resultará fuerte y durable. El concreto se produce por la interacción mecánica y química de un gran número de materiales constituyentes.

El éxito de un diseño de pavimento rígido se basa en un buen estudio de suelos, ya que este nos da como resultado la capacidad de absorber esfuerzo de deformación y valor soporte de la sub-base y así poder diseñar el espesor adecuado de la carpeta de rodadura del pavimento rígido para el lugar.

Es importante tomar en cuenta que para la elaboración de un pavimento de concreto hidráulico es primordial contar con materiales de la más alta calidad que garanticen su durabilidad y perfecto funcionamiento.

### 2.2.2 Características de los pavimentos rígidos

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento de los pavimentos rígidos son las siguientes:

- Una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger el suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.
- Ancho, trazo horizontal y vertical adecuado, resistencia suficiente a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas.
- Deberá presentar una resistencia adecuada a los efectos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Tendrá una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

Con la anterior definición hemos dado un avance de las condiciones mínimas que deben exigirse a los materiales que intervienen en la construcción de pavimentos. Pueden aceptarse como normas generales las que se mencionan a continuación:

- Ofrecer una superficie plana, sobre la que pueda caminar sin dificultad.
- Serán resistentes al uso, a fin de prolongar su duración, teniendo en cuenta que habrán de soportar no solamente pesos de importancia, si no también cambios de temperatura y choques con algún cuerpo proyectado con violencia, sobre todo cuando se trate de pavimentos exteriores.
- Procurar que su presencia sea decorativa, extrayendo de cada caso y de los materiales disponibles el mayor partido posible.

Estas características que acabamos de citar deberán hallarse atribuidas en mayor o menor grado según sea la aplicación a que vaya a destinarse el pavimento a construir, como es lógico de suponer, cada caso podría variar de acuerdo con sus propias conveniencias de perdurabilidad y de utilidad

### 2.2.3 Aplicación y ventajas

El Pavimento Rígido se aplica en todo tipo de pavimentos urbanos, carreteras, áreas de estacionamiento, aeropuertos, pisos industriales entre otros. Con notables ventajas tomando en cuenta los diferentes aspectos como son: la economía, comodidad, seguridad y durabilidad, los cuales se detallan a continuación.

**Economía:** El costo inicial es muy elevado frente a otras alternativas, pero el costo anual es muy bajo debido a que necesita menos mantenimiento y tiene un largo periodo de vida útil. Al final de su vida tiene un valor residual alto, porque puede ser reutilizado como una buena base para un nuevo pavimento. También se logra economía indirecta como en el caso de la iluminación pública, que puede minimizarse debido a su calidad reflectada. El acabado superficial reduce el desgaste de los automóviles y el consumo de combustible hasta en un 20 % en camiones tipo tráiler, en Bolivia, el uso de cemento nacional es positivo porque se genera empleo y se evita la fuga de divisas, que se originaría si se importa asfalto.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

**Comodidad:** Se brinda una superficie de rodamiento suave y segura, lograda gracias a los equipos de pavimentación y sistemas de transferencia de cargas cada vez más efectivos.

**Seguridad:** El color y textura otorgan mejor visibilidad nocturna y genera menos calor de día. La rugosidad superficial genera una superficie antideslizante más segura en superficies mojadas.

**Durabilidad:** El periodo de vida útil es mucho mayor al de otras alternativas con rígido valores entre los 20 y 40 años. El hormigón con el tiempo va ganando resistencia, logrando soportar hasta tres veces la capacidad de carga de diseño, por lo que el mantenimiento que requiere es mínimo.

Resumiendo la ventajas de un pavimento rígido radican en: Velocidad en su construcción, Mayor vida útil con alto índice de servicio, Mantenimiento mínimo, No se deforma ni deteriora con el tiempo, Requiere menor estructura de soporte.

#### **2.2.4 Elementos que integran un pavimento rígido**

##### **a) Sub-rasante.**

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad, en que no le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista.

Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la sub-rasante.

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.



### **b) Sub Base.**

Es la primera capa del pavimento rígido y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado según el estudio de suelos, de un espesor compactado según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros.

Esta capa de la estructura de pavimento está destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar los esfuerzos. La capa sub base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.

Las principales funciones de la capa sub base de un pavimento rígido son las siguientes:

- La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licua el suelo fino de la sub-rasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.
- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la sub-rasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la sub-rasante.

Dada la rigidez comparativa de las losas de concreto y su resistencia, los esfuerzos que se transmiten a la capa sub base son pequeños, por lo que la resistencia no suele ser un requisito importante. En cambio el correcto trabajo de las losas exige que estén uniformemente apoyadas y que ese apoyo se mantenga en buenas condiciones durante toda la vida del pavimento; un buen apoyo debe incluir transiciones graduales en donde haya cambios abruptos en la capacidad portante del terreno.

Los cambios volumétricos en el terreno de apoyo, causados por cambios en el contenido de agua, pueden ser causa importante para que la losa pierda su apoyo uniforme.

**a) Carpeta de rodadura “Losa de concreto”**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la sub-rasante. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

Una losa de concreto hidráulico está hecha de cemento Portland, esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

### 2.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

El procedimiento constructivo consiste básicamente en las siguientes etapas:

- Preparación previa de la capa sub base donde se verifican los equipos, las cotas y niveles.
- Producción del hormigón, en planta y bajo un estricto control de calidad; Transporte del hormigón, realizado mediante volquetas o mixers.



**Figura N° 2,** *Colocado y curado de pavimento rígido.*

- Colocado del hormigón, por medio de regla vibratoria o mediante pavimentadora deslizante, empleada en carreteras donde se precisa de mayores rendimientos. El procedimiento con regla vibratoria consiste en: *Colocación de moldes* o formaleas que darán forma al pavimento y sobre los cuales se desliza la regla.
- Colocación de barras pasa-juntas, constituidas por barras de acero liso dispuestas para mejorar la transferencia de carga entre losas, colocadas sobre canastillos de apoyo en concordancia con las juntas transversales.
- Colocación de barras de amarre, conformadas por barras de acero corrugado dispuestas para amarrar losas contiguas, colocadas en concordancia con las juntas longitudinales.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

- Colocado del hormigón, el que es distribuido manualmente por el personal, vibrado y enrasado con la regla, y compactado con vibradores manuales.

### 2.3.1 Proceso de pavimentación en una estructura de pavimento rígido

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las sub-rasantes:

- 1.- Compactación de los suelos, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.
- 2.- Fijado de la rasante, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.
- 3.- Uniformado del terreno en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.
- 4.- Nivelación selectiva de la rasante en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la sub-rasante.

## 2.4 FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

### 2.4.1 Fallas comunes en pavimento rígido

#### a) *Fisura transversal o diagonal*

Descripción: Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

Posibles Causas: Son causadas por una combinación de los siguientes factores: excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga), deficiente apoyo de las losas, asentamientos de la fundación, excesiva relación longitud / ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de éstas. La ausencia de juntas transversales o bien losas con una relación longitud / ancho excesivos, conducen a fisuras transversales o diagonales, regularmente distribuidas o próximas al centro de las losas.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”



**Figura N°3, fisura transversal o diagonal**

**b) Fisura Longitudinal:**

Descripción: Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos. Posibles causas:, Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.



**Figura N°4, fisura longitudinal.**

### c) Fisura de Esquina.

Descripción: Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Posibles Causas: Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.



**Figura N°5, fisura de esquina.**

### d) Levantamiento de losas

Descripción: Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.

Posibles causas: Son causadas por falta de libertad de expansión de las losas de concreto, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales. La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta. Cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares al plano de la junta, pueden ocasionar el levantamiento de las losas contiguas a las juntas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas.



**Figura N°6, levantamiento de losas.**

## **2.5 DURABILIDAD**

La resistencia mecánica del hormigón aumenta con el tiempo y, si el proyecto del pavimento ha sido correcto, su índice de servicio disminuye lentamente. La fatiga a flexión del hormigón es la que determinara finalmente el agrietamiento generalizado del pavimento y la necesidad de su refuerzo o reconstrucción. En este fenómeno influyen factores tales como el espesor de la losa, la resistencia a flexo tracción del hormigón, la intensidad y el número de aplicaciones de las cargas, el clima, la forma y las dimensiones de las losas y las condiciones de su sub base de apoyo.

## **2.6 CONTROL DE CALIDAD**

### **2.6.1 Control de los componentes del hormigón**

En esta fase, hay que realizar los correspondientes ensayos, tanto en origen como en el lugar de fabricación, para garantizar que los componentes del hormigón cumplen las especificaciones.

En la central de fabricación hay que controlar, en primer lugar, el buen funcionamiento de sus diversos elementos, poniendo especial atención en la calibración en los sistemas de dosificación de los distintos componentes. Periódicamente, se deben preparar con el hormigón fabricado unas probetas prismáticas para un ensayo a flexo tracción.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

Además, se deben realizar comprobaciones de la granulometría y en su caso, de la proporción de aire incluido en el hormigón.

### **2.6.2 Control de la puesta en obra**

En el proceso de la puesta en obra es fundamental controlar la temperatura y humedad relativa del ambiente: debe suspenderse el hormigonado con lluvia intensa o cuando la temperatura ambiente sea de 2°C con tendencia a disminuir y tomar precauciones cuando se superen los 25°C. En general hay que evitar el endurecimiento prematuro, la desecación rápida de la superficie y el congelamiento del hormigón fresco.

Hay que controlar el proceso de la puesta en obra para que se ajuste en todas sus fases y detalles a las especificaciones, a las indicaciones del director de las obras y las normas de buena práctica. En particular, debe comprobarse frecuentemente el espesor extendido.

Terminada la puesta en obra, se deben controlar los siguientes puntos:

**Regularidad superficial:** Si no se cumplen las especificaciones suelen ser debido a alteraciones en el ritmo de extensión. Si el índice de irregularidad es superior al límite fijado hay que fresar las zonas altas.



## CAPÍTULO III “JUNTAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS”

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La necesidad de construir juntas en el pavimento rígido es obvia, ya que de no hacerlo se presentan grietas a intervalos bastante regulares debido a la contracción y dilatación del concreto. Las juntas son, generalmente, puntos débiles de la superficie de rodamiento en los cuales pueden presentarse desperfectos al aumentar el peso de los vehículos; pueden también, desportillarse por el efecto de elementos extraños en las mismas, tales como piedras o cualquier otro elemento desconocido, provocando, además, un aumento en los gastos de conservación, por lo que es conveniente tener mucho cuidado en su proyecto y construcción.

La retracción inicial del hormigón y las variaciones de volumen por cambios de temperatura y de humedad (parcialmente impedidas por el peso propio de la losa y su rozamiento con la base de apoyo) hacen necesaria la construcción de juntas para evitar la aparición aleatoria de fisuras en el pavimento, muchas de las cuales se desportillarían bajo la acción directa del tráfico; al mismo tiempo, las fisuras más abiertas permitirían la entrada de agua y partículas extrañas hacia la sub base, pudiéndose llegar a formar bloques inestables bajo el tráfico.

Por otro lado, también son necesarias las juntas para facilitar el alabeo de las losas debido a los gradientes de temperatura y de humedad. Finalmente, se interrumpe la colocación del hormigón, se hacen necesarias juntas de construcción.

Esta solución de continuidad del pavimento no debe afectar, a sus cualidades funcionales o estructurales. Un considerable porcentaje de deterioros en un pavimento de hormigón puede ser atribuido a fallas en las juntas. Algunos deterioros que pueden resultar de la falla de una junta incluyen, desnivel, bombeo, desportilladuras, rotura de esquinas, exposición de agregados y fisuras en media losa.

## 3.2 TIPOS DE JUNTAS

### 3.2.1 JUNTAS LONGITUDINALES

Son aquellas que van paralelas al eje central de la vía, controlan la fisuración y en algunos casos delimitan las líneas de tráfico. Cuando se realiza el vaciado en una sola pasada de dos o más carriles, la transferencia de carga generalmente se produce por la trabazón mecánica de los agregados que se origina en la junta después del corte, sin embargo, se recomienda además el colocado de barras corrugadas, diseñadas en base a las recomendaciones de la Guía de Diseño AASHTO o más fácilmente con el software DIPAV. Aunque el tiempo de corte no es tan crítico como en las juntas transversales, es conveniente efectuarlo tan pronto como sea posible especialmente cuando existen sub-bases estabilizadas u ocurren cambios de temperatura muy bruscos. En el caso que se realice el vaciado por carriles y se tenga pensado el uso de barras de amarre, éstas deberán colocarse de forma manual en el caso de que no se tenga un insertado automático. Se deberá tener cuidado de no hacer coincidir estas barras con las pasa-juntas transversales para evitar golpes y desalineamientos.

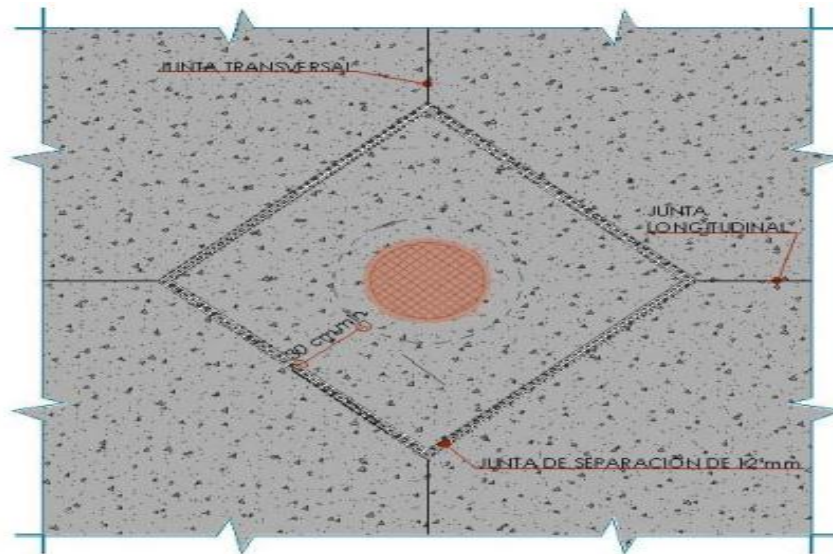
Es recomendado que las juntas longitudinales sean cortadas y selladas para evitar la infiltración de agua.



**FIGURA N° 7, juntas longitudinales**

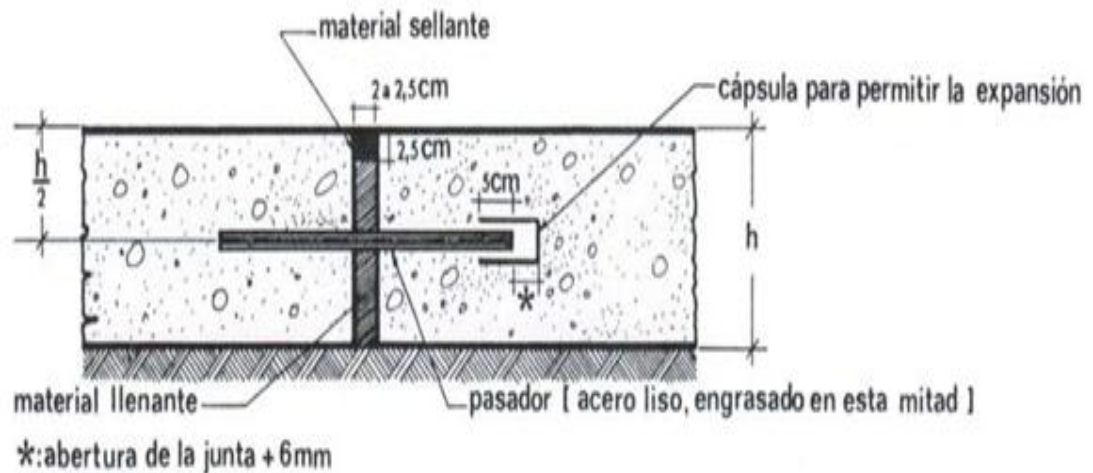
### 3.2.1 JUNTAS DE SEPARACIÓN O EXPANSIÓN

Son construidas para permitir el movimiento de las losas sin dañar pavimentos adyacentes, estructuras de drenaje, puentes y otras estructuras fijas.



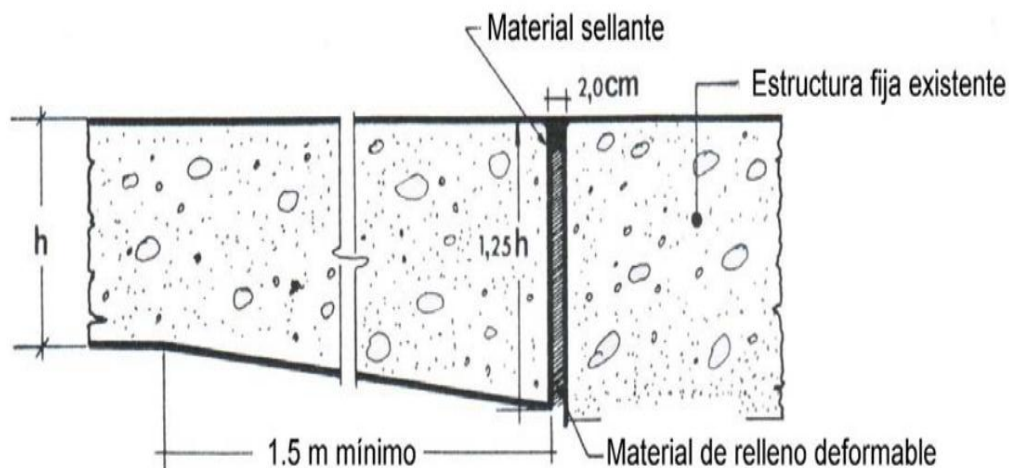
**FIGURA N°8,** *Protección de una cámara de inspección con una junta de separación*

Existen dos tipos de juntas de expansión, dependiendo su necesidad de empleo. El primer tipo es la junta con barras lisas para transferencia de cargas, cada una de las cuales está provista en uno de sus extremos de un capuchón, que permite que las barras se muevan libremente por expansión y contracción, tal como se muestra en la figura 3. Debido a que estas juntas tienen una separación de 2 cm o más, requieren la presencia de un material de relleno preformado, constituido por un material flexible, no extraíble y no absorbente, cubriendo todo el ancho y espesor de la losa, por debajo de 2.5 cm debajo de la superficie, finalmente se colocará el sello que deberá ser compatible con el relleno preformado.



**Figura N° 9, Junta de expansión Tipo 1.**

El otro tipo de junta de expansión es aquella que no tiene dispositivos de transferencia de cargas, el espesor de la losa se incrementa gradualmente en un 25 % en el último metro y medio, para reducir los esfuerzos en la junta como se muestra en la figura 4. En lo que respecta al sello, se siguen las mismas recomendaciones descritas para el primer tipo de junta de expansión. Generalmente este tipo de juntas se construye cuando se tiene una estructura fija rígida tal como un puente en el que no se ha previsto el colocado de barras pasa-juntas con anterioridad.



**Figura N° 10, Junta de expansión Tipo 2**



### 3.2.3 JUNTAS TRANSVERSALES

#### 3.2.3.1 Juntas de contracción

Son juntas construidas transversalmente al eje central de la vía y espaciadas para controlar la fisuración transversal de la losa. Se han realizado estudios que han demostrado que el espesor del pavimento, rigidez de la sub base y el clima afecta la máxima separación esperada entre juntas transversales. Otras investigaciones que indican también que hay una relación general entre la longitud de la losa (L) con el radio de rigidez relativa ( $\phi$ ) y la fisuración transversal. El radio de rigidez relativa es un término definido por Westergaard que cuantifica la relación entre la rigidez de la fundación y la rigidez de la losa. El radio de rigidez relativa tiene una dimensión lineal y es determinado por la siguiente ecuación:

$$\phi = \left( \frac{E * h^3}{12 * k(1 - \mu^2)} \right)^{0,25}$$

Dónde:

$\phi$  = Radio de rigidez relativa (pulgadas)

E = módulo de elasticidad del hormigón (psi)

h = Espesor del pavimento (pulgadas)

u = relación de Poisson del pavimento

k = módulo de reacción de la sub-rasante (pci)

Datos de estas investigaciones indican que hay un incremento en la fisuración transversal cuando el radio L/p excede 5.0. Usando el criterio de que el máximo radio L/p es de 5.0, el espacio de juntas disponible se incrementaría con el espesor de la losa, pero disminuiría con el incremento de las condiciones de soporte de la fundación. El intervalo de juntas se diseña para evitar fisuras transversales intermedias. Usualmente, el espacio entre juntas no debe ser mayor a 24 veces el espesor de la losa. Es importante también mantener las losas lo más cuadradas

posibles. El espaciamiento entre juntas transversales tampoco debe exceder en 1.25 al ancho de la losa. Cuando se diseñan barras pasa-juntas, AASHTO recomienda usar barras de diámetro igual o mayor a  $1/8$  del espesor de la losa. La longitud de estas barras varía entre 40 a 45 cm. Las pasa-juntas se colocan a la mitad del espesor de la losa, con espaciamiento de 30 cm entre ejes de barra, colocándose la primera a 15 cm de la orilla de la losa. Estas varillas deben recubrirse con materiales que eviten su adherencia con el hormigón y que las protejan contra la corrosión. Se debe tener un especial cuidado con el alineamiento, pequeñas desviaciones entre los extremos de la barra ya sea en sentido vertical u horizontal respecto a su dirección teórica que debe ser paralela al eje del pavimento, pueden ocasionar agrietamientos.



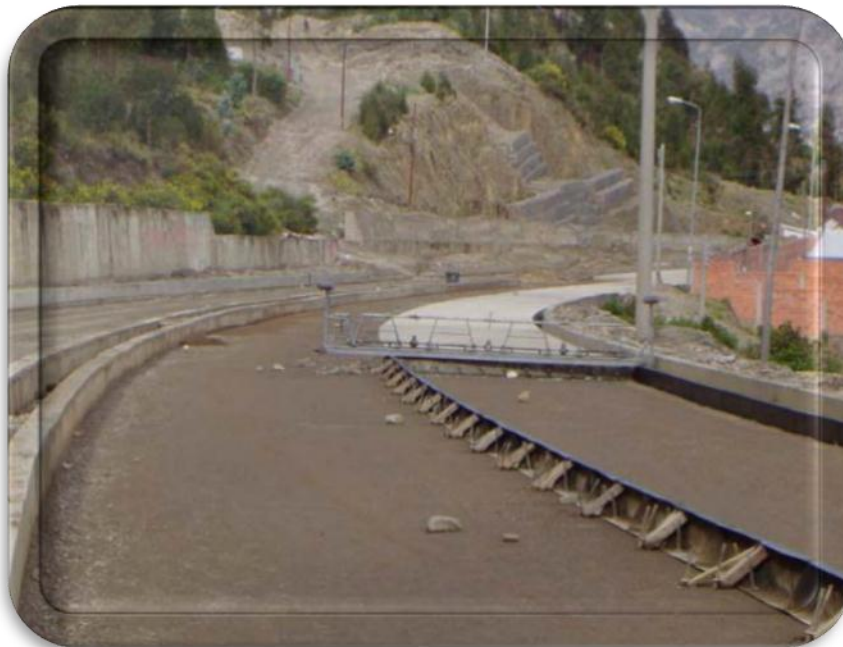
**Figura N° 11**, juntas de contracción.

### **3.2.3.2 Juntas de construcción**

Las juntas transversales de construcción, son juntas construidas al final del día de trabajo u otra interrupción de colocado si se produce un lapso mayor a 60 minutos en clima cálido y 90 minutos en clima frío, este tiempo es medido desde la elaboración del hormigón hasta su puesta en obra y posterior acabado. Cuando es posible, estas juntas deben ser construidas coincidiendo con una junta de contracción, en el caso de

que esto no sea posible, su ubicación deberá ser dentro el tercio medio de la longitud de la losa y siempre en forma perpendicular a la línea central.

Estas juntas, al igual que las transversales de contracción, requieren pasa-juntas lisas para proporcionar la transferencia de carga necesaria, siguiendo todas las recomendaciones ya mencionadas. Sólo en el caso de que la junta se localice en el tercio central de la losa y ya existan losas adyacentes se deberán colocar barras de acero corrugado, para evitar que esta junta se refleje en las losas adyacentes. Se recomienda que estas barras sean del mismo diámetro de las barras lisas.



**Figura N° 12,** juntas de construcción.

### **3.3 DISEÑO DE JUNTAS EN PAVIMENTO RÍGIDO**

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 capa sub base 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 dispositivos de transferencia o barras pasa-juntas de acero liso.
- Bases 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 pasa-juntas.** 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.

### **3.3.1 Consideraciones para el diseño de juntas.**

La necesidad del sistema de juntas es el resultado del deseo de controlar el agrietamiento transversal y longitudinal. Este agrietamiento se presenta por la combinación de varios efectos, entre los que podemos mencionar la contracción por secado del concreto, los cambios de humedad y de temperatura, la aplicación de las cargas del tráfico, las restricciones de la sub-rasante o terreno de apoyo y también por ciertas características de los materiales empleados.

En orden para diseñar un adecuado sistema de juntas se recomienda evaluar las siguientes recomendaciones:



Consideraciones Ambientales: Los cambios en la temperatura y en la humedad inducen movimientos de la losa, resultando en concentraciones de esfuerzos y en alabeos.

Espesor de losa: El espesor del pavimento afecta los esfuerzos de alabeo y las deflexiones para la transferencia de carga.

Transferencia de carga: La transferencia de carga es necesaria a lo largo de cualquier junta del pavimento, sin embargo la cantidad requerida de transferencia de carga varía para cada tipo de junta. Cuando se empleen barras de amarre o Pasa-juntas, el tipo y el tamaño de las barras influyen en el diseño de juntas.

### ■ Tráfico

Tráfico. Es un factor extremadamente importante para el diseño de juntas. Su clasificación, canalización y la predominancia de cargas en el borde influyen en los requerimientos de transferencia de carga para el comportamiento a largo plazo.

Características del concreto: Los componentes de los materiales afectan la resistencia del concreto y los requerimientos de juntas. Los materiales seleccionados para el concreto determinan las contracciones de la losa, por ejemplo del agregado grueso influye en el coeficiente térmico del concreto, en adición a esto los agregados finos tienen una influencia perjudicial en el comportamiento de las juntas. En muchas ocasiones el desportillamiento es resultado de concentraciones de materiales malos a lo largo de las juntas.

Características del sellador: El espaciamiento de las juntas influye en la selección del tipo de sellador. Otras consideraciones, tales como adecuados factores de forma y costos ciclos de vida también afectan la selección del sellador.

Apoyo lateral: El tipo de acotamiento (de concreto y amarrado, de asfalto, de material granular) afecta el soporte de la orilla del pavimento y la habilidad de las juntas centrales para realizar la transferencia de carga.



### ■ Agrietamiento.

Un adecuado sistema de juntas está basado en controlar el agrietamiento que ocurre de manera natural en el pavimento de concreto y las juntas son colocadas en el pavimento precisamente para controlar su ubicación y su geometría.

### ■ Contracción.

La mayor parte de la contracción anticipada del concreto ocurre a muy temprana edad en la vida del pavimento provocado principalmente por cambios de temperatura.

### ■ Temperatura.

El calor de hidratación y temperatura del pavimento normalmente alcanza su valor máximo muy poco tiempo después de su colocación y una vez alcanzado su valor máximo, la temperatura del concreto baja debido a la reducción de la actividad de hidratación y también debido al efecto de la baja temperatura ambiente durante la primera noche del pavimento.

## 3.4 PASADORES Y PASA-JUNTAS

Con el propósito de mantener unidas las losas de concreto, o con el fin de transmitir cargas verticales de una losa a otra, se emplean dispositivos especiales llamados pasadores y pasa-juntas. Estos dispositivos se hacen de dos maneras, según el fin que con ello se persiga.

- a) Si su objeto es el de mantener con ello unidas las losas, soportaran nada más cargas axiales. En este caso el esfuerzo máximo de tensión a que las barras pasadores pueden estar sometidas será igual al esfuerzo necesario para la fricción entre el pavimento y la sub-rasante o la sub base, en la distancia comprendida entre una junta y el bordo libre, del pavimento en el caso de que los pasadores se coloquen en las juntas longitudinales; si los pasadores se colocan en las juntas transversales, la distancia a considerar será entonces aquella que separa a dichas juntas dividida entre dos.



- b) Si el objeto de las pasa-juntas es el de transmitir cargas de una losa a otra, permitiendo que las juntas puedan abrir y cerrar, pero manteniendo a las losas a la misma altura, ellas deben formarse con varillas lisas redondas en las que en un extremo de cada varilla debe estar engrasado o pintado para evitar su adherencia al concreto.

Cuando se usan, canastillos para barras pasa-juntas. Estos deben ser revisados antes del colocado del hormigón para asegurar que las barras estén alineadas de una forma apropiada (horizontal y verticalmente) Se recomienda que el canastillo este asegurado con clavos de acero introducidos apropiadamente en la base, un mínimo de 4 clavos por canastillo es recomendado.

Las barras deben ser revestidas con una capa delgada de grasa u otra sustancia en toda su longitud para prevenir fricción entre barra y hormigón. La práctica tradicional de poner grasa sólo en la mitad de la barra frecuentemente ha dado problemas, causado por la insuficiente cantidad de grasa La barra debe estar libre para deslizarse en el hormigón para que las losas se muevan independientemente Se debe usar un revestimiento delgado, ya que uno más grueso puede resultar en vacíos en el hormigón alrededor de las barras El colocado de barras debe ser cuidadosamente verificado después que se inicia el pavimentado. Las barras deben ser paralelas a la base, paralelas al eje y paralelas entre sí.

### **3.5 SELLADO DE LAS JUNTAS**

#### **3.5.1 Definición**

El sellado de juntas se usa para minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles al interior de la junta del pavimento y por ende al interior del pavimento y de su estructura.

Otra de las características que deben satisfacer las juntas selladas es la capacidad de resistir las repeticiones de contracción y expansión, al contraer y expandirse el pavimento debido a los cambios de temperatura y humedad.

El propósito del sello de juntas es detener la entrada de agua y de los materiales incompresibles dentro de la junta. Es imposible mantener una junta aislada del agua.



Sin embargo, el sello debe ser capaz de minimizar la cantidad de agua que entra por la junta, con lo cual se reducirán las fisuras causadas por la humedad.

### **3.5.2 Material sellante**

El tipo de sello tiene una gran influencia en el desempeño de la junta. Sellos de silicona o materiales pre formados, son los más recomendados. Aunque estos son más caros, proveen el mejor desempeño y una mayor vida útil. En todo caso, se deben seguir las recomendaciones proporcionadas por el fabricante del producto.

Cuando se usan senadores de silicona, el mínimo factor de forma (relación entre la profundidad y el ancho) es de 1:2. Para mejores resultados, el mínimo ancho del sello debe ser 6mm. Es necesario el uso de una tira de respaldo para proveer un adecuado factor de forma y prevenir que el sello penetre hasta la parte inferior del reservorio.

Cuando se usan sellos preformados, la junta debe ser diseñada de tal forma que el sello este entre un 20 a 50 % comprimido todo el tiempo.

### **3.5.3 Problemas frecuentes en juntas de dilatación**

El problema que puede presentarse con la infiltración de agua al interior del pavimento es el efecto conocido como “bombeo”. El bombeo es la expulsión de material por agua a través de las juntas. Mientras el agua es expulsada, se lleva partículas de grava, arena, arcilla, resultando una progresiva pérdida de apoyo del pavimento.

Los materiales contaminantes incompresibles causan presiones de apoyo puntuales, que pueden llevar a desportillamiento y desprendimientos. Además al no permitir la expansión de las losas de concreto se pueden presentar levantamientos de las losas de concreto en la zona de la junta.

Previo al sellado, la abertura de la junta deberá ser limpiada a fondo de compuestos de curado, residuos, natas y cualquier otro material ajeno. La limpieza de las caras de la junta afecta directamente la adherencia del sellante al concreto. Una limpieza pobre reduce la adherencia del sellador a la interface con la junta, lo que reduce significativamente la efectividad del sellador. Por lo tanto la correcta limpieza es



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

esencial para obtener una superficie de junta que no perjudicará el lazo o adhesión con el sellador.

Para el sellado de las juntas se debe utilizar sellante líquido con base en Silicona; se colocará un cordón de respaldo para evitar que el sellante en el momento de su colocación fluya hacia el fondo con el fin de optimizar la cantidad de sellante empleado.



## **CAPÍTULO IV “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE PASADORES Y PASA-JUNTAS”**

### **4.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

Los progresos científico-tecnológicos asociados con las construcciones del pavimento rígido muestran un avance significativo en los últimos años, con el desarrollo de nuevas tipologías de pavimentación. El desarrollo de nuevos aditivos, fibras de refuerzo y el creciente uso de adiciones que acompañan estos nuevos desarrollos permiten obtener nuevas alternativas, capaces de satisfacer los requisitos más ambiciosos.

Sin embargo, aún existen dificultades para mejorar las prácticas constructivas en condiciones reales de obra. Las condiciones de costo y desempeño de las estructuras de concreto pueden afectar negativamente a la calidad del producto final, con resultados que pueden conducir a un deterioro prematuro.

Las condiciones exteriores y la composición de hormigones con pasadores, influyen de manera directa en las características del concreto para cualquier etapa del mismo. Ello constituye una preocupación tanto para los fabricantes como para los usuarios de dichos hormigones por las evidentes consecuencias técnicas y económicas que se generan.

Es en este entendido es que buscamos indagar en el área vial, analizando uno de sus campos que son los pavimentos, adentrándonos en lo que es el tema pasadores en juntas de dilatación para el pavimento rígido, se busca resolver inquietudes a través de pruebas de laboratorio que sostengan la idea que se desarrolla con esta investigación.



## 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES



**AGUA**



**ARENA**



**GRAVA**



**CEMENTO**



**ACERO**



**HORMIGON**



#### 4.2.1 ARENA

Se entiende por “árido fino”, el árido o fracción del mismo que pasa por el tamiz de 5 mm de malla. La arena será limpia, de buena calidad y sin materiales extraños como pizarras, arcilla, barros, hojas, yesos u otras materias deletéreas. El módulo de fineza debe estar comprendido entre 2.50 y 3.00

La arena deberá cumplir con el siguiente cuadro de granulometría:

##### Características de la arena

Tamiz N°	% que pasa Mínimo	% que pasa Máximo
100	3	7
50	5	26
30	30	62
16	55	85
8	75	95
4	95	100

*Tabla N° 1, tamaño de los la agregados según norma CBH 87*

En cuanto a la granulometría y demás pruebas de laboratorio que se realizó para la arena, se realizaron de modo consecutivo y siguiendo las guías técnicas ya establecidas según las normas vigentes en este caso se trabajó con la ASTM.

##### 4.2.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA LA ARENA

Dentro del análisis de los suelos, se encuentra el de la granulometría, que no es más que obtener la distribución porcentual de los tamaños de partículas que conforman el suelo. Esto se realiza con la ayuda de un juego de mallas, que tienen un tamaño graduado establecido por las normas ASTM y AASHTO, en donde se obtienen los pesos que se retienen en la malla, referido al peso total que se utiliza en el ensayo.

El factor fundamental del ensayo es la curva granulométrica, que se dibuja en una escala logarítmica, ya que de no ser así, la representación gráfica tendría que usar una escala demasiado grande.

#### 4.3.1.1.1 Equipo utilizado

- Juego de tamices ( $\frac{1}{2}$ ”, 2”, 1  $\frac{1}{2}$ ”,  $\frac{3}{4}$ ”,  $\frac{3}{8}$ ”, N° 4, N°10, N° 40, N° 200.)
- Recipientes y bandejas.
- Brochas y cepillos.
- bandejas grandes (cuarteo)
- Balanza.

#### 4.3.1.1.2 Desarrollo de la práctica

En primer lugar la muestra debe ser representativa, por lo que se tiene que usar el cuarteador mecánico, este proceso se repite hasta obtener la cantidad necesaria para la realización del ensayo.



**Figura N° 13**, *cuarteado de arena para granulometría.*

#### ■ Método general

- 1.- Los tamices para disponer la parte gruesa de material son: 2  $\frac{1}{2}$ ”, 2”, 1  $\frac{1}{2}$ ”,  $\frac{3}{4}$ ”,  $\frac{3}{8}$ ”, N° 4, N°10.
- 2.- Los tamices para la parte fina del suelo son: N° 40, N° 200.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

3.- El método consiste en hacer pasar el material por los tamices de acuerdo a la disposición mencionada, para ello se realiza un agitado de los tamices por el tiempo de 15 min.



**Figura N° 14, juego de tamices**

4.- El tamizado puede ser manual o mecánico, si el tamizado es manual, es muy práctico utilizar bandejas donde se depositara cada material que pasa, luego estos identificarlos de acuerdo a la malla que se haya utilizado.



**Figura N° 15, base de los tamices**

5.- Partiendo del Tamiz N° 10, con el material que pasa el mismo se considera pesar solamente 300 gr. En caso de que se obtenga mucho material siempre referido al total del material utilizado, luego este material se hace pasar por el N° 40 y N°200 respectivamente



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”



**Figura N° 16,** *tamizado del material en tamiz N° 40*

6.- Los materiales retenidos en las mallas, además del retenido en la base o el pasante del tamiz N° 200.



**Figura N° 17,** *balanza eléctrica para el pesado del material.*



#### 4.3.1.1.3 Resultados Obtenidos

**Procedencia:** La Pintada

**Tamaño máx. del agregado:** Arena - Muestra única

*Los porcentajes que pasaron los tamices correspondientes son:*

						Peso Total (gr.)	1098,8	
Tamices (Plg.)	Tamaño	Peso Retenido.	Retenido. Acumulado	% Retenido Acumulado	% que pasa del total	Especificación		
	(mm)					ASTM C-33		
3/8	9,52	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100	
Nº4	4,75	24,90	24,90	2,27	97,7	95	100	
Nº8	2,38	204,30	229,20	20,86	79,1	80	100	
Nº16	1,19	165,40	394,60	35,91	64,1	50	80	
Nº30	0,59	145,00	539,60	49,11	50,9	25	100	
Nº50	0,30	332,10	871,70	79,33	20,7	10	30	
Nº100	0,15	190,50	1062,20	96,67	3,3	2	10	
BASE		36,40	1098,60	99,98	0,0			
SUMA		1098,60						
PÉRDIDAS		0,2						
MF		2,84						

Tabla Nº 2, granulometría del agregado fino



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

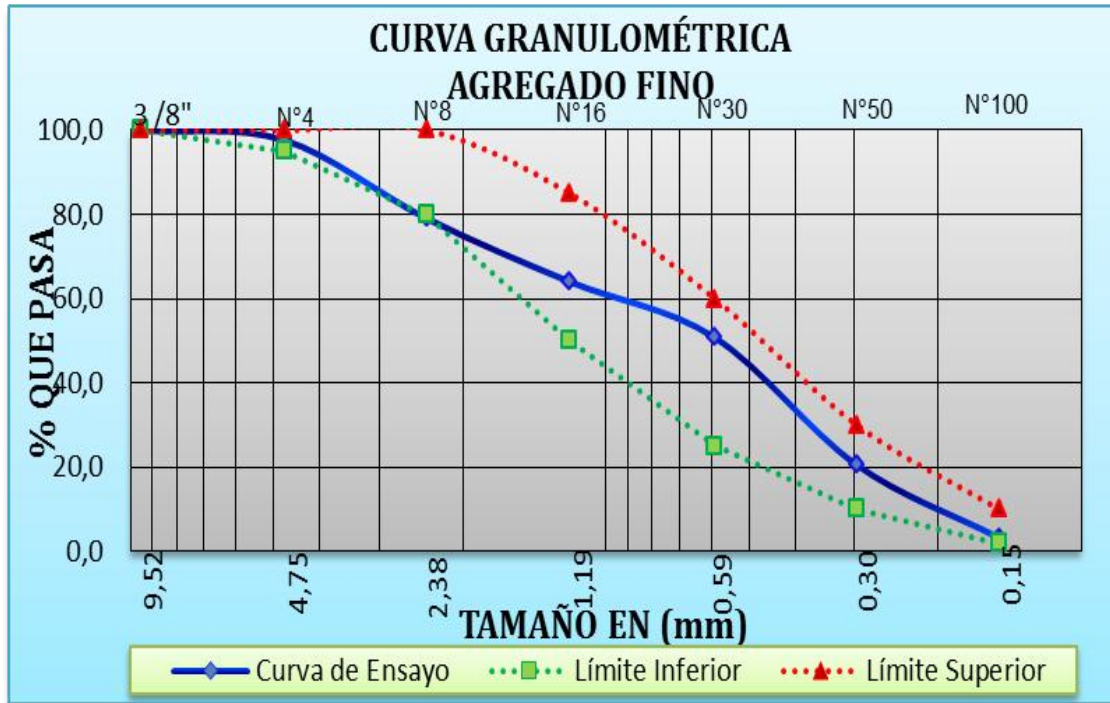


Figura N° 18, curva granulométrica agregado fino.

HUMEDAD (%)	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda	1130,00
Peso Muestra seca	1118,10
Peso Agua	11,90
% de Humedad	1,1

ABSORCION (%)	
DATO	gr
Peso Muestra Húmeda (SSS)	500
Peso Muestra seca	493,9
Peso Agua	6,1
% de Absorción	1,2

Tabla N° 3, Porcentaje de humedad y absorción

#### 4.2.1.2 PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA

El ensayo que se describe a continuación tiene por objeto la determinación del peso específico aparente y del peso específico a granel, lo mismo que la cantidad de agua que absorbe el agregado fino cuando se sumerge en agua por el periodo de 24 horas, expresada como un porcentaje en peso.

Se trabajara con una muestra de 1 Kg, que puede ser obtenida por cuarteo luego se coloca la muestra dentro de un recipiente lleno de agua y se deja allí por un periodo de 24 horas.

##### 4.2.1.2.1 Materiales utilizados

- Balanza con capacidad de 1 Kg. Y sensibilidad de 0,1 gr.
- Matraz de 500 ml. De capacidad ( se usa el mismo que se requiere para las pruebas de suelos)
- Molde cónico y una varilla

##### 4.2.1.2.2 Desarrollo de la practica

- 1.- Sacamos muestra en un recipiente y se seca de manera uniforme.
- 2.- Con el fin de inspeccionar que tan seca esta la muestra, se coloca primero el molde cónico, y luego se retira este. Si la muestra tiene todavía alguna humedad en la superficie, conservara la forma cónica y si por el contrario la humedad ha sido eliminada, la arena rodara libremente cuando se retire el cono.



**Figura N° 19, cono holandés.**



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

3.- Se coloca 500gr. De la muestra en el matraz y luego se llena este con agua hasta el tope. Con el fin de eliminar burbujas de aire presentes en el matraz, se rueda el matraz sobre sí mismo y luego se lo coloca en un baño a temperatura constante de 20°C. luego se obtiene el peso del matraz lleno.

Se vacía el contenido del matraz en un recipiente y se pone a secar en el horno a una temperatura constante de (105 °C) y se pesara.



Figura N° 20, matraz.

#### 4.2.1.2.3 Resultados Obtenidos

Procedencia: La Pintada				Tamaño máx. del agregado: Arena - Muestra única						
Número	peso muestra (gr)	peso de matríz (gr)	muestra +matraz + agua (gr)	peso del agua agregado al matríz "w" (ml) ó (gr)	peso muestra secada "a" (gr)	volumen del matríz "v" (ml)	P. E. a granel (gr/cm <sup>3</sup> )	P. E. saturado con sup. seca (gr/cm <sup>3</sup> )	P. E. aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	% de absorción
1	500	431,9	1750,8	818,9	493,9	1011,9	2,56	2,59	2,64	1,22
2	500	431,9	1750,8	818,9	493,9	1011,9	2,56	2,59	2,64	1,22
3	500	431,9	1750,8	818,9	493,9	1011,9	2,56	2,59	2,64	1,22
PROMEDIO							2,56	2,59	2,64	1,2

Tabla N° 4, peso específico de la arena



#### 4.2.1.3 PESO UNITARIO DE LA ARENA

Este ensayo tiene como objeto describir cómo se puede obtener el peso unitario de los agregados y de las mezclas de agregados a la temperatura ambiente.

Los moldes con los que se trabajara, deben estar calibrados con exactitud, el volumen de cada molde se determina dividiendo el peso del agua requerido para llenar el respectivo molde por el peso unitario del agua a la misma temperatura 16,7 °C.

##### 4.3.1.3.1 Materiales utilizados

- Balanza sensible al 5% de la muestra, y de capacidad de 20 Kg. o mayor
- Varilla de compactación de acero de 5/8” de diámetro y aproximadamente de 60 cm. de largo.
- Recipiente cilíndrico pequeño estandarizado.
- Recipientes.

##### 4.3.1.3.2 Desarrollo de la práctica

- 1.- Se toma una cantidad apropiada de agregado fino (arena) la cual fue obtenida mediante cuarteo.
- 2.- Se toma un molde cilíndrico y lo pesamos en la balanza.
- 3.- Se encuentra el volumen del cilindro llenándolo de agua para luego pesarlo y tomar la temperatura y de ese modo entrar en una tabla y obtener el peso específico del agua a dicha temperatura para luego encontrar el volumen del molde.



Figura N° 21, molde cilíndrico.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

- 4.- Se realiza el ensayo de agregado fino sin compactar, introduciendo la arena dentro del molde cuidadosamente excediendo la parte superior del molde y con la barra de hierro se desecha el exceso de agregado dejando la arena al ras de la superficie del molde.
- 5.- Se lleva el molde con la muestra a la balanza y lo pesamos tratando de ser lo más preciso posible.
- 6.- Luego pasamos al proceso de compactado para eliminar los vacíos.
- 7.- Llenamos el recipiente cilíndrico poco a poco en 3 capas las cuales deben compactarse a 25 golpes con una varilla de acero, luego enrasamos la superficie de la arena.
- 8.- Llevamos la muestra con el molde después de realizado el compactado a una balanza para pesar cuánto vale cuando esta compactado. Este procedimiento lo realizamos 3 veces para obtener un valor promedio.



**Figura N° 22, molde cilíndrico**



#### 4.3.1.3.3 Resultados obtenidos

##### Peso unitario suelto:

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm <sup>3</sup> )	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1345,0	2094,0	4653,0	3308,0	1,580
2	1345,0	2094,0	4659,0	3314,0	1,583
3	1345,0	2094,0	4671,0	3326,0	1,588
<b>PROMEDIO</b>					<b>1,584</b>

Tabla N° 5, peso unitario suelto de la arena

##### Peso unitario compacto:

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm <sup>3</sup> )	PESO RECIP. + MUESTRA APISIONADA (gr)	PESO MUESTRA APISIONADA (gr)	PESO UNITARIO APISIONADO (gr/cm <sup>3</sup> )
1	1345,0	2094,0	4839,0	3494,0	1,669
2	1345,0	2094,0	4845,0	3500,0	1,671
3	1345,0	2094,0	4829,0	3484,0	1,664
<b>PROMEDIO</b>					<b>1,668</b>

Tabla N° 6, peso unitario compacto de la arena



#### 4.2.2 GRAVA

El agregado grueso o grava, estará formado por canto rodado o canto rodado triturado; deberá ser muy limpia. Sin la presencia de limo recubriendo su superficie y/o que contenga material pétreo descompuesto. Las partículas individuales de grava serán sólidas y resistentes de un peso específico igual o mayor a 2.600 Kg/M<sup>3</sup>, evitando el uso de formas laminares.

El tamaño de la grava deberá tener una buena graduación desde el tamaño máximo especificado, hasta el tamiz N° 4 donde deberá quedar retenido el 100%.

Los límites aceptables de sustancias perjudiciales en los agregados gruesos, serán en peso:

Terrones de arcilla	0.25 %
Partículas blandas	5.00 %
Finos que pasen el tamiz N° 200	5.00 %
Sales solubles, partículas cubiertas por partículas superficiales	5.00 %

#### Características de la grava

Tamiz N°	% que pasa Mínimo	% que pasa Máximo
2½”	100	100
2”	95	100
1½”	-	-
1”	35	100
¾”	-	-
½”	10	50
3/8”	-	-
N° 4	3	5

*Tabla N° 7, tamaño del agregado grueso para el hormigón CBH 87*

El material no deberá contener sustancias que puedan actuar desfavorablemente con los álcalis del cemento en presencia del agua.



#### 4.2.2.1 ENSAYO GRANULOMETRÍA PARA LA GRAVA

Dentro del análisis de los suelos, se encuentra el de la granulometría, que no es más que obtener la distribución porcentual de los tamaños de partículas que conforman el suelo. Esto se realiza con la ayuda de un juego de mallas, que tienen un tamaño graduado establecido por las normas ASTM y AASHTO, en donde se obtienen los pesos que se retienen en la malla, referido al peso total que se utiliza en el ensayo.

##### 4.2.2.1.1 Equipo utilizado

- Juego de tamices ( $\frac{1}{2}$ ", 2", 1  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ ", 3/8", N° 4, N°10.)
- Recipientes y bandejas.
- Brochas y cepillos.
- bandejas grandes (cuarteo)
- Balanza.

##### 4.2.2.1.2 Desarrollo de práctica

La muestra debe ser representativa, por lo que se tiene que usar el cuarteador mecánico, este proceso se repite hasta obtener la cantidad necesaria para la realización del ensayo.



**Figura N° 23, cuarteador.**



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

1.- Los tamices para disponer la parte gruesa de material son: 2 ½”, 2”, 1 ½”, ¾”, 3/8”, N° 4, N°10.



**Figura N° 24, juego de tamices**

2.- El método consiste en hacer pasar el material por los tamices de acuerdo a la disposición mencionada, para ello se realiza un agitado de los tamices por el tiempo de 15 min.

3.- El tamizado puede ser manual o mecánico, si el tamizado es manual, es muy práctico utilizar bandejas donde se depositara cada material que pasa, luego estos identificarlos de acuerdo a la malla que se haya utilizado.



**Figura N° 25, tamizado de materiales**



#### 4.2.2.1.3 Resultados obtenidos

**Procedencia:** La pintada.

						Peso Total (gr.)	11507
Tamices (Plg.)	Tamaño (mm)	Peso Retenido.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g	
			(gr)	(%)		Especificaciones. ASTM	
2 1/2"	63	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
2	50,8	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
1 1/2	38,1	0,00	0,00	0,00	100,0	95	100
1	25,4	0,00	0,00	0,00	100,0		
3/4	19,05	712,00	712,00	6,19	93,8	35	70
1/2	12,7	4597,00	5309,00	46,14	53,9		
3/8	9,52	2756,00	8065,00	70,09	29,9	10	30
Nº4	4,75	3216,00	11281,00	98,04	2,0	0	5
Nº8	2,38	171,00	11452,00				
BASE	0	50	11502,00	99,96	0,0		
SUMA =		11502,00					
PÉRDIDAS =		5,00					
MF =		6,74					
TAMAÑO MAX =		1,00					

Tabla N° 8, granulometría del agregado grueso.

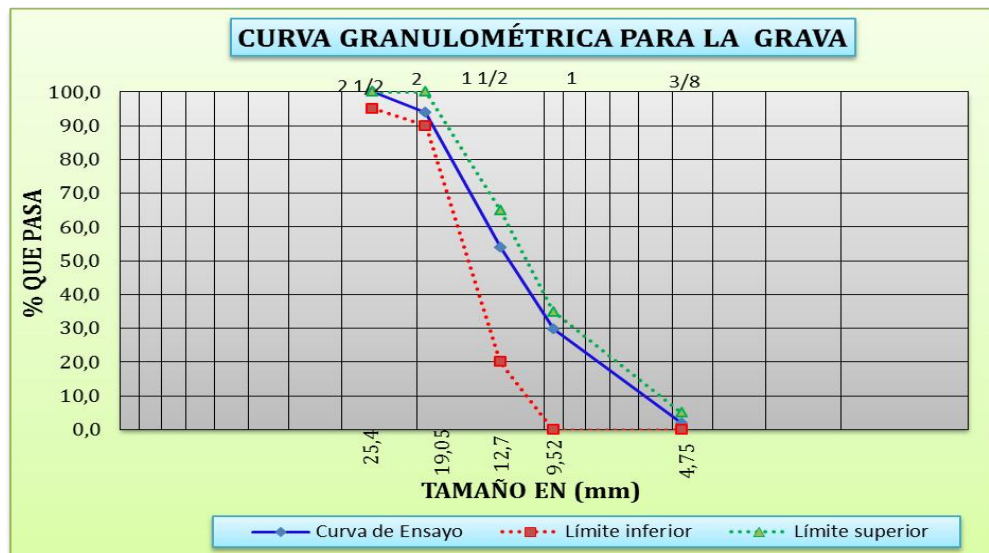


Figura N° 26, curva granulométrica para el agregado grueso.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

HUMEDAD	
DATO	Gr
Peso Muestra Húmeda	5744,00
Peso Muestra seca	5719,00
Peso Agua	25,00
% de Humedad	0,44

ABSORCION	
DATO	Gr
Peso Muestra Húmeda (SSS)	4000
Peso Muestra seca	3936
Peso Agua	64
% de Absorción	1,63

Tabla N° 9, porcentaje de absorción y humedad del agregado grueso

#### 4.2.2.2. PESO ESPECÍFICO DE LA GRAVA

Es la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

##### 4.2.2.2.1 MATERIALES EMPLEADOS

- Cesto cilíndrico de tela metálica
- Balanza que tenga una capacidad de 5 kg.
- Recipiente para sumergir la cesta de alambre y algo para sacarla.

##### 4.2.2.2.2 DESARROLLO DE LA PRACTICA

1.- Se lava el material con el fin de remover el polvo o cualquier impureza luego se sumerge en agua la muestra por un periodo de 24 horas.



Figura N° 27, molde cilíndrico



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

2.- Se saca la muestra del agua y se secan las partículas con una toalla hasta que la película de agua haya desaparecido de la superficie.



**Figura N° 28, secado de la grava**

3.- Se obtiene después el peso de la muestra con sus partículas saturadas

4.- Volvemos a sumergir la muestra después de ser pesada y determinar el peso de la muestra así sumergida.



**Figura N° 29, sumergido de la muestra en agua**

5.- Se seca la muestra en el horno a temperatura constante (105°) luego se dela enfriar y se pesa.



#### 4.2.2.2.3 RESULTADOS

**Procedencia:** La Pintada

**Tamaño máx. del agregado:** 1"

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm <sup>3</sup> )	PESO ESPECÍFICO SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	% DE ABSORCIÓN
1	3936	4000	2456	2,55	2,59	2,66	1,63
2	3933	4000	2455	2,55	2,59	2,66	1,7
3	3936	4000	2456	2,55	2,59	2,66	1,63
<b>PROMEDIO</b>				<b>2,55</b>	<b>2,59</b>	<b>2,66</b>	<b>1,65</b>

**Tabla N° 10, peso específico del agregado grueso.**

(B-C) = Este término es la pérdida de peso de la muestra sumergida y significa por lo tanto el volumen de agua desplazado o sea el volumen de la muestra.

#### 4.2.2.3 PESO UNITARIO DE LA GRAVA

Este ensayo tiene como objeto describir cómo se puede obtener el peso unitario de los agregados y de las mezclas de agregados a la temperatura ambiente.

Los moldes con los que se trabajara, deben estar calibrados con exactitud, el volumen de cada molde se determina dividiendo el peso del agua requerido para llenar el respectivo molde por el peso unitario del agua a la misma temperatura 16,7 °C.

##### 4.2.2.3.1 Materiales utilizados

- Balanza sensible al 5% de la muestra, y de capacidad de 20 Kg. o mayor
- Varilla de compactación de acero de 5/8" de diámetro y aproximadamente de 60 cm. de largo.
- Recipiente cilíndrico pequeño estandarizado.



#### **4.2.2.3.2 Desarrollo de la práctica**

- 1.- Se toma una cantidad apropiada de agregado grueso (grava) la cual fue obtenida mediante cuarteo.
- 2.- Se toma un molde cilíndrico y lo pesamos en la balanza.
- 3.- Encontramos el volumen del cilindro llenándolo de agua para luego pesarlo y tomar la temperatura y de ese modo entrar en una tabla y obtener el peso específico del agua a dicha temperatura para luego encontrar el volumen del molde.
- 4.- Realizamos el ensayo de agregado grueso sin compactar, introduciendo la grava dentro del molde cuidadosamente excediendo la parte superior del molde y con la barra de hierro se desecha el exceso de agregado dejando la grava al ras de la superficie del molde.
- 5.- Llevamos el molde con la muestra a la balanza y lo pesamos tratando de ser lo más preciso posible.
- 6.- Luego pasamos al proceso de compactado para eliminar los vacíos.
- 7.- Llenamos el recipiente cilíndrico poco a poco en 3 capas las cuales deben compactarse a 25 golpes con una varilla de acero, luego enrasamos la superficie de la grava.
- 8.- Llevamos la muestra con el molde después de realizado el compactado a una balanza para pesar cuánto vale cuando esta compactado. Este procedimiento lo realizamos 3 veces para obtener un valor promedio.



#### 4.2.2.3.3 Resultados obtenidos

##### ■ Peso unitario suelto

Procedencia: La Pintada

Tamaño máx. del agregado: 1"

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm <sup>3</sup> )	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm <sup>3</sup> )
1	4596,0	14109,0	26680,0	22084,00	1,565
2	4596,0	14109,0	26770,0	22174,00	1,572
3	4596,0	14109,0	26730,0	22134,00	1,569
<b>PROMEDIO</b>					<b>1,569</b>

Tabla N° 11, peso unitario suelto del agregado grueso.

##### ■ Peso unitario compacto

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm <sup>3</sup> )	PESO RECIP. + MUESTRA APISONADA (gr)	PESO MUESTRA APISONADA (gr)	PESO UNITARIO APISONADO (gr/cm <sup>3</sup> )
1	4596,0	14109,0	27800,0	23204,00	1,645
2	4596,0	14109,0	27780,0	23184,00	1,643
3	4596,0	14109,0	27830,0	23234,00	1,647
<b>PROMEDIO</b>					<b>1,645</b>

Tabla N° 12, peso unitario Compacto del agregado grueso.



### 4.2.3 AGUA

Su función es permitir la hidratación del cemento y hacer manejable la mezcla

- Debe ser limpia y libre de cualquier sustancia perjudicial al pavimento terminado
- En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano

#### *Materiales constitutivos del concreto*

Características Límite:

- $\text{pH} \geq 5$
- Sustancias disueltas  $\leq 15 \text{ gr./l}$
- Contenido de sulfatos ( $\text{SO}_4$ )  $\leq 1 \text{ gr./l}$
- Sustancias orgánicas solubles en éter  $\leq 15 \text{ gr./l}$
- Contenido de ion cloro  $\leq 6 \text{ gr./l}$
- Hidratos de carbono (azúcares) 0

#### 4.2.3.1 Agua para la práctica

El agua con la que se trabajó tanto para la preparación del mortero para las tuberías estructurales, como para el hormigón y para el proceso de curado es agua potable de grifo que cuenta con las siguientes características:

- $\text{PH} \geq 5$
- Material soluble 15 gr./l
- Material en suspensión 5 gr./l

### 4.2.4 CEMENTO

**Cemento:** Siempre y cuando no se indique lo contrario, se empleará cemento Portland disponible en el país (Clase I - ASTM).

Las muestras de hormigón preparadas con este cemento, serán convenientemente especificadas, fraguadas y almacenadas para su posterior ensayo. Con el objeto de



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

conseguir información de la resistencia. Los ensayos del hormigón estarán en función a la clase de hormigón que se debe preparar y a la resistencia y características que se requiere, de igual manera para los agregados, agua y aditivos.

**Transporte y almacenamiento del cemento:** El cemento se transportará a un lugar de almacenamiento en seco y protegido contra la humedad. Como el transporte del cemento es en bolsas, éstas tendrán que estar perfectamente cerradas. El cemento deberá emplearse, dentro de lo posible, en los 20 días siguientes a su llegada. Si el almacenaje se extendiera por un período superior a 30 días, el cemento deberá someterse a las pruebas requeridas que confirmen la aptitud para su empleo.

#### 4.2.4.1 Cemento empleado

El cemento con el que se trabajó en las prácticas del laboratorio tanto para el mortero de las tuberías, como para el hormigón de los moldes fue portland IP 30.

El cual presenta las siguientes características:

- **Tipo IP:** Componentes Portland mínimo 70%, puzolana máximo 30% Categoría 30, Resistencia mín. 30 MPa. 28 días en mortero normalizado.
- **Propiedades:** Sus principales propiedades son: resistencia mecánica media, bajo calor de hidratación, menor retracción y endurecimiento algo más lento.
- **Usos y Aplicaciones:** Utilizado en hormigón armado, pavimentos, prefabricados, hormigones en masa, cimentaciones, obras hidráulicas y en general por su versatilidad para todo tipo de construcciones.
- **Características:** Resistencia mecánica media, bajo calor de hidratación, menor fisuración y retracción química, mejor trabajabilidad, mayor resistencia a ataques químicos, mayor impermeabilidad, mayor durabilidad.
- **Presentación:** Bolsas de 50 Kg.

Además buscando garantizar un buen trabajo se realizaron las siguientes pruebas de laboratorio.



#### 4.2.4.1.1 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO

Se pesa una porción de masa, de cemento y se le agrega al líquido contenido en el matraz teniendo cuidado de evitar salpicaduras y que el cemento se adhiera a las paredes interiores del matraz en la parte sobre el nivel del líquido.

Se hace girar el matraz en una posición inclinada hasta que termine el desprendimiento de burbujas de aire.

Registrar el volumen final V2 después de haber dejado sumergido el matraz en el baño de temperatura ambiente.

La diferencia V2 - V1 es el volumen del líquido desplazado por el peso del cemento usado en el ensayo.

El peso específico del cemento (P.e.) en [gr/cm<sup>3</sup>] está dado por la relación:

$$\text{Vol. Desplazado} = V2 - V1 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El rango aceptable en el cual debe estar el peso específico es entre:

$$2.90 \text{ [gr/cm}^3\text{]} < \text{P.e.} < 3.15 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$$

##### 4.2.4.1.1.1 Obtención de datos y resultados

ENSAYO N°:	TIPO DE CEMENTO:	PESO DE LA MUESTRA [gr]	VOL. INICIAL: [ml]	TEMP. INICIAL: [°C]	VOL. FINAL [ml]	TEMP. FINAL: [°C]
1	IP 30	64	0.4	24	21.4	23.5
2	IP 40	64	0.6	25	21.85	24

Tabla N° 13, *Peso Específico del cemento.*



#### ■ **Cemento IP 30**

$$\text{Vol. Desplazado (IP 30)} = 21,4 - 0,4 = 21 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\text{P.E (IP 30)} = \text{Peso del cemento en gramos / Vol. Desplazado}$$

$$\text{P.E. (IP 30)} = 64/21 = 3,05 \text{ gr/cm}^3$$

#### ■ **Cemento IP 40**

$$\text{Vol. Desplazado (IP 40)} = 21,85 - 0,6 = 21,25 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\text{P.E (IP 40)} = \text{Peso del cemento en gramos / Vol. Desplazado}$$

$$\text{P.E. (IP 40)} = 64/21,25 = 3,01 \text{ gr/cm}^3$$

#### **4.2.4.1.2 FINURA DEL CEMENTO**

La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros siete días. Según la norma ASTM, no exige que se clasifiquen los resultados, sino que se les da un valor informativo de aceptación o rechazo.

La relación que se utiliza para determinar el porcentaje de finura es la siguiente:

- SI el %F es menor al 5%, significa que este es un cemento Portland de endurecimiento rápido
- Si el %F es menor que el 10% es que es un cemento Portland para uso ordinario.



#### 4.2.4.1.2.1 Datos y cálculos.

<i>DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO</i>				
<i>PARÁMETRO</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>OSERVACIONES</i>		
<i>Peso de la hoja (<math>W_H</math>)</i>	<i>g</i>	<i>1,8</i>		
<i>Peso de la muestra (<math>W_m</math>)</i>	<i>g</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
<i>Peso retenido en Tamiz N°40 + Peso de la hoja (<math>W_{N°40+H}</math>)</i>	<i>g</i>	<i>1,85</i>	<i>1,85</i>	<i>1,84</i>
<i>Peso retenido en Tamiz N°200 + Peso de la hoja (<math>W_{N°200+H}</math>)</i>	<i>g</i>	<i>10,5</i>	<i>11,25</i>	<i>10,25</i>
<i>Peso retenido en la BASE + Peso de la hoja (<math>W_{B+H}</math>)</i>	<i>g</i>	<i>42,38</i>	<i>41,4</i>	<i>42,50</i>

**Tabla N° 14, Datos para el porcentaje de finura**

- Cálculo de Peso retenido en el Tamiz N°40 :

$$W_{N°40} = (W_{N°40+H}) - (W_H)$$

$$W_{N°40} = 1,85 - 1,8 = 0,05g$$

- Cálculo de Peso retenido en el Tamiz N°200 :

$$W_{N°200} = (W_{N°200+H}) - (W_H)$$

$$W_{N°200} = 10,5 - 1,8 = 8,7g$$

- Cálculo de Peso retenido en la Base :

$$W_B = (W_{B+H}) - (W_H)$$

$$W_B = 42,38 - 1,8 = 40,58g$$

- Cálculo de la finura de cemento en porcentaje:

$$F = \frac{P_r}{50} * 100$$

Dónde:

F = Finura del cemento expresado como porcentaje en peso del residuo que no pasa el tamiz N°200.

Pr=Peso del residuo que no pasa el tamiz N°200



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

$$F = \frac{WN^{\circ}40 + WN^{\circ}200}{50} * 100 = \frac{0,05 + 8,7}{50} * 100$$

$$F_1 = 10,83\%$$

DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO					
PARAMETRO	UNIDAD	OBSERVACIONES			Promedio de la finura del Cemento  <b>10,83%</b>
Peso retenido en Tamiz N°40 ( $W_{N^{\circ}40}$ )	g	0,05	0,05	0,04	
Peso retenido en Tamiz N°200 ( $W_{N^{\circ}200}$ )	g	8,7	9,45	8,45	
Peso retenido en la BASE ( $W_B$ )	g	40,58	39,6	40,7	
Finura del cemento (F)	%	10,88	10,5	10,9	

Tabla N° 15, resultados obtenidos en laboratorio.

#### 4.2.5 ACERO

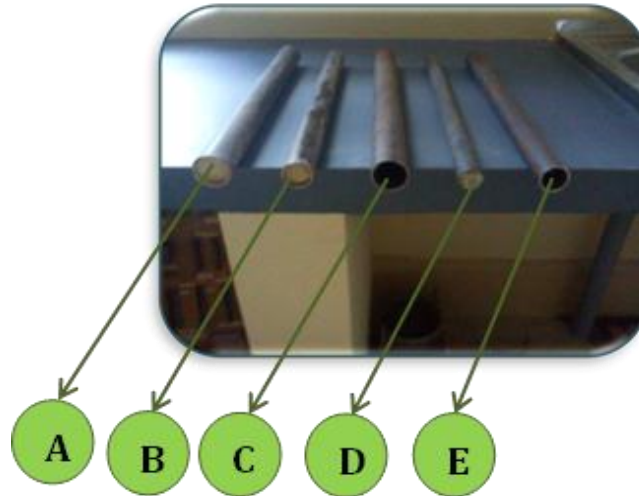
##### Acero de refuerzo para transmisión de cargas:

Este refuerzo tiene la función de hacer trabajar en conjunto, a las losas de hormigón cuando alguna de ellas se somete a cargas. La transmisión de cargas se hace por medio de varillas lisas de acero, total o parcialmente engrasadas para evitar la adherencia. Un primer paso representa la resistencia a flexión que estas ofrezcan como elementos estructurales sometidos a una carga puntual.

Estas barras denominadas “pasa-juntas” o “pasadores” deben cumplir con las especificaciones ASTM A 15, 16 y 160, además de lo especificado las Normas Bolivianas de Hormigón Armado CBH 17-87.

#### 4.2.5.1 MATERIALES ALTERNATIVOS

Los materiales alternativos que serán sometidos a los ensayos de resistencia son los siguientes:



**Figura N° 30.** *Tipos de materiales alternativos*

Las tuberías que se rellenaron responden a las siguientes características:

**A:** Tubería estructural de diámetro de 1 ½” de pulgada, la cual se encuentra rellena de mortero, con una dosificación 1:3.

**B:** Tubería estructural de diámetro de 1 ¼” de pulgada, la cual se encuentra rellena de mortero, con una dosificación de 1:3.

**C:** Tubería estructural de diámetro de 1 ½” de pulgada vacía.

**D:** Barra lisa de 1” de diámetro, esta es la que normalmente se emplea como pasador en el pavimento rígido.

**E:** Tubería estructural de diámetro de 1 ¼” de pulgada vacía.



#### 4.2.5.1.1 ACERO LISO DE 1” DE DIAMETRO



**Figura N° 30.** *Tipos de materiales alternativos*

Con el propósito de mantener unidas las losas de concreto, o con el fin de transmitir cargas verticales de una losa a otra, se emplean dispositivos especiales llamados pasadores y pasa-juntas. Estos dispositivos tradicionalmente son caracterizados por barras de acero liso con diámetros entre 25 mm (1”) y 38 mm (1<sup>1/2</sup>”).

Cuando se diseñan barras pasa-juntas, AASHTO recomienda usar barras de diámetro igual o mayor a 1/8 del espesor de la losa. La longitud de estas barras varía entre 40 a 45 cm. Las pasa-juntas se colocan a la mitad del espesor de la losa, con espaciamiento de 30 cm entre ejes de barra, colocándose la primera a 15 cm de la orilla de la losa. Estas varillas deben recubrirse con materiales que eviten su adherencia con el hormigón y que las protejan contra la corrosión. Se debe tener un especial cuidado con el alineamiento, pequeñas desviaciones entre los extremos de la barra ya sea en sentido vertical u horizontal respecto a su dirección teórica que debe ser paralela al eje del pavimento, pueden ocasionar agrietamientos.

Cuando se usan, canastillos para barras pasa-juntas. Estos deben ser revisados antes del colocado del hormigón para asegurar que las barras estén alineadas de una forma apropiada (horizontal y verticalmente) Se recomienda que el canastillo este asegurado con clavos de acero introducidos apropiadamente en la base, un mínimo de 4 clavos por canastillo es recomendado.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

Las barras deben ser revestidas con una capa delgada de grasa u otra sustancia en toda su longitud para prevenir fricción entre barra y hormigón. La práctica tradicional de poner grasa sólo en la mitad de la barra frecuentemente ha dado problemas, causado por la insuficiente cantidad de grasa. La barra debe estar libre para deslizarse en el hormigón para que las losas se muevan independientemente. Se debe usar un revestimiento delgado, ya que uno más grueso puede resultar en vacíos en el hormigón alrededor de las barras. El colocado de barras debe ser cuidadosamente verificado después que se inicia el pavimentado. Las barras deben ser paralelas a la base, paralelas al eje y paralelas entre sí.

#### 4.2.5.1.2 TUBERÍA ESTRUCTURAL DE ESPESOR 2mm



Figura N° 32, tubería estructural

#### Descripción

Tubería estructural formada en frío a partir de lámina de acero en caliente y soldada por inducción de alta frecuencia.

#### Aplicaciones

Se utiliza en la industria y la construcción civil de edificios (pórticos, correas para cerramiento y cubierta, cerchas, vigas, viguetas, columnas y riostras), así como para infraestructura y carrocerías.

#### Tubería redonda:

Diámetros: los diámetros para la tubería estructural van desde 1" hasta 12 3/4". En esta investigación se trabajó con los diámetros de 1 ¼" y 1 ½".



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

**Espesores:** El espesor varía dependiendo de la designación comercial del tubo y norma de fabricación, los espesores van desde 2mm hasta 11mm. En este caso se empleó tubería estructural de espesor 2mm.

#### Condiciones de extremos

- Corte natural de máquina

#### Acabados

- Los tubos estructurales son suministrados ligeramente aceitados o lubricados para evitar la corrosión a corto plazo.
- De común acuerdo con el cliente pueden suministrarse negros o galvanizados. Para la investigación se está usando tubería estructural galvanizada.

#### ■ Diferencia de costos entre la barra de acero liso y la tubería estructural

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	LONGITUD (m)	COSTO ( por unidad) Bs.
1,00	tubos	Tubo 1 1/4"	4,5	205,00
1,00	tubos	Tubo 1 1/2"	4,5	212,00
1,00	barra	Barra Lisa 1"	3,15	429,00

Tabla N° 16, Diferencia de costos barra lisa, tubería estructural.

#### 4.2.5.1.3 Dosificación del mortero para el relleno de la tubería estructural

Se entiende por dosificación, las proporciones en que entran los componentes al preparar la mezcla y se representa por la proporción C: A por ejemplo en el caso del mortero de cemento, en la que “C” representa el cemento y “A” a la arena, el agua, ya sabemos, dará la fluidez necesaria de acuerdo al trabajo a ejecutar.

De esta manera, si nos hablan de un mortero de cemento 1:3, significa que por una parte de cemento, entran en la mezcla tres partes de arena o agregado fino.

Generalmente se usan morteros de dosificación 1:2 más ricos en aglomerantes y otros también corrientes como 1:3 ; 1:4 ; 1:5 ; 1:6 ; 1:7 , este último es el más pobre.



En nuestro caso se decidió trabajar para el mortero que servirá de relleno para las tuberías estructurales con una dosificación de **1:3**

#### **4.2.5.1.4 Vaciado de la tubería estructural con mortero**

El vaciado de las tuberías con mortero marca el paso inicial, que se dio hacia lo que sería netamente la parte práctica dentro de nuestra investigación, para esto se procedió a un trabajo de laboratorio que está sujeto a una correlación de pasos consecutivos que lograron cumplir con el vaciado correspondiente.

#### **Materiales empleados**

- Mezcladora
- Fuentes pequeñas y grandes
- Varilla metálica
- Cuchara
- Badilejo

#### **Procedimiento**

- 1.-** El material se pesara, tanto la arena como el cemento como lo señalaba la dosificación adoptada 1:3 es decir 1 kilogramo de cemento y tres kilogramos de arena.
- 2.-** Posteriormente se preparó la mezcla, revolviendo todo el conjunto hasta que presente un color uniforme la misma que al encontrarse lista se relleno en las tuberías correspondientes.
- 3.-** Una vez vaciadas las tuberías estructurales se procederá a curarlas durante una semana, se sabe que la resistencia del mortero depende 1° de la cantidad de cemento por unidad de volumen y 2° de su densidad, en este entendido y sabiendo las siguientes características de un mortero 1:3

**Resistencias:**

<i>Resistencia</i>	<i>7 días</i>	<i>28 días</i>
<b>tracción Kg/cm<sup>2</sup></b>	14	21
<b>compresión Kg/cm<sup>2</sup></b>	85	140

**Tabla N° 16, resistencia del mortero.**

Se deberá esperar un tiempo prudente dentro del tiempo con el que se cuenta, para la realización de esta investigación.

#### **4.2.5.1.4.1 Curado de las tuberías estructurales con mortero**

Como se sabe la parte del curado de las mezclas compuestas por cemento es de singular importancia en el proceso constructivo de los elementos, es por eso que en este caso una vez rellenas de mortero las tuberías, las mismas deben someterse a un proceso de curado mínimamente durante una semana.



**Figura N° 33. Curado de las tuberías.**

#### **4.2.6 REQUISITOS DEL HORMIGÓN**

El hormigón se preparará de acuerdo a las normas del Código Boliviano del Hormigón y cemento Portland o Puzzolánico, empleando agregados graduados.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

*La composición de la mezcla de hormigón será de manera que:*

Demuestre una buena consistencia plástica, de acuerdo a las exigencias del Código Boliviano del Hormigón Armado CBH-87.

Después del fraguado y endurecimiento, cumpla las exigencias de resistencia, durabilidad e impermeabilidad en las construcciones de hormigón. El contenido de agua de la mezcla de hormigón se determinará antes del inicio de los trabajos.

**Resistencia mecánica de hormigón:** La resistencia del hormigón para pavimentos rígidos, se mide por su resistencia a la flexión sobre la base de una propiedad llamada MÓDULO DE ROTURA, que se determina por medio de los ensayos de resistencia al flexo tracción del hormigón, empleando la viga con cargas a los tercios del claro (ASTM C 78).

Los hormigones para el pavimento deberán ser del tipo HP-40 con resistencias características a flexo tracción a los 28 días iguales a 45 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia de los hormigones para pavimento no puede ser calculado por su resistencia a compresión simple en razón de que el ensayo de flexo tracción se ajusta más a la forma en que trabajan las losas. Existen casos en que dos hormigones con iguales resistencias a compresión simple tienen resistencias a flexo tracción diferentes.

#### **4.2.6.1 DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN**

La dosificación es el empleo de las proporciones adecuadas de los elementos para un trabajo determinado.

Esta dosificación puede hacerse por:

- 1.- *Peso:* Pesando los elementos que entran en la mezcla. Su empleo se da en los laboratorios de ensayo.
- 2.- *Por volúmenes conocidos:* Es decir por bolsas de cemento y metros cúbicos de los agregados, esta es la forma más aceptada en obra.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

3.- *Por volúmenes establecidos*: Cajas que representan unidad de mezcla pero con las desventajas de que el cemento al ser vaciado en la medida, dependerá de la altura que cae para tener mayor o menor esponjamiento, tomando distinto grado de compacidad, variando por lo tanto la cantidad de cemento por revoltura.

#### 4.2.6.2 Cálculo de la dosificación del hormigón.

Datos empleados según la combinación de áridos para estar dentro de las granulometrías recomendadas.

Tipo de Cemento	IP
Cantidad De Cemento (kg)	450
Cantidad De Cemento (lts)	143,31
Cono Buscado	3
Relación A/C	0,4
Tam. Max. Árido (mm)	1"
Cantidad de Agua (lts)	180
Cantidad de Aire (lts)	14
Total de Áridos (lts.)	662,69

Tabla N° 17, datos de cálculo de la dosificación del hormigón

Porcentajes	Arena	Gravilla	Grava
% humedad	1,10		0,44
% absorción	1,20		1,65
% de Finos	2,84		6,74
P.U.S. nat.	1,584		1,569
P.E. seco	2,56		2,55
Procedencia	La Pintada		La Pintada
% de Mezcla	33,00		67,00
	Arena	Gravilla	Grava

Tabla N° 18, datos de cálculo de la dosificación del hormigón



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

TAMIZ		ARENA % que Pasa	GRAVILLA % que Pasa	GRAVA % que Pasa	C 1
Nº	mm				
Nº 100	0,149	3,30	0,00	0,00	1,09
Nº 50	0,297	20,70	0,00	0,00	6,83
Nº 30	0,590	50,90	0,00	0,00	16,80
Nº 16	1,190	64,10	0,00	0,00	21,15
Nº 8	2,380	79,10	0,00	0,00	26,10
Nº 4	4,750	97,70	0,00	2,00	33,58
3/8"	9,520	100,00	0,00	29,90	53,03
1/2"	12,500	100,00	0,00	53,90	69,11
3/4"	19,000	100,00	0,00	93,80	95,85
1"	25,000	100,00	0,00	100,00	100,00
1 1/2"	37,500	100,00	0,00	100,00	100,00
3"	75,000	100,00	0,00	100,00	100,00

Tabla Nº 19, datos de cálculo de la dosificación del hormigón

LÍMITES GRANULOMÉTRICOS PARA T <sub>max</sub> = 40 mm					
Tamiz Nº	Tamiz mm	Límite A	Límite B	Límite C	Límite D
Nº 100	0,149	2	5	8	0
Nº 50	0,297	3	11	19	0
Nº 30	0,590	6	19	30	0
Nº 16	1,190	10	28	42	0
Nº 8	2,380	15	37	55	0
Nº 4	4,750	24	48	66	30
3/8"	9,520	40	61	80	30
1/2"	12,500	48	63	84,5	30
3/4"	19,000	60	80	90	30
1"	25,000	76	88,5	94	58
1 1/2"	37,500	100	100	100	100
3"	75,000	100	100	100	100

Tabla Nº 20, Datos de cálculo de la dosificación del hormigón



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

TIPO DE H°	TAMAÑO. MAX. AGREGADO (plg.)	RESISTENCIA KG / CM^2 28 DÍAS	PESO APROX. DE CEMENTO KG / M^3	RELACIÓN A / C	REVENIMIENTO PLG.		
H° 400	1"	400	470	0,4	1	-	3
H° 350	1"	350	450	0.4 - 0.45	1	-	3
Tipo "A"	1" - 1 1/2"	210	340	0,5	2	-	4
Tipo "B"	1" - 1 1/2"	180	300	0,55	2	-	4
Tipo "C"	1" - 1 1/2"	160	250	0,6	2	-	3
Tipo "D"	2"	130	230	0,7	2	-	3
Tipo "E"	2" - 2 1/2"	110	225	0,75	2	-	3

Tabla N° 21, Datos de cálculo de la dosificación del hormigón

■ Curva granulométrica ajustada

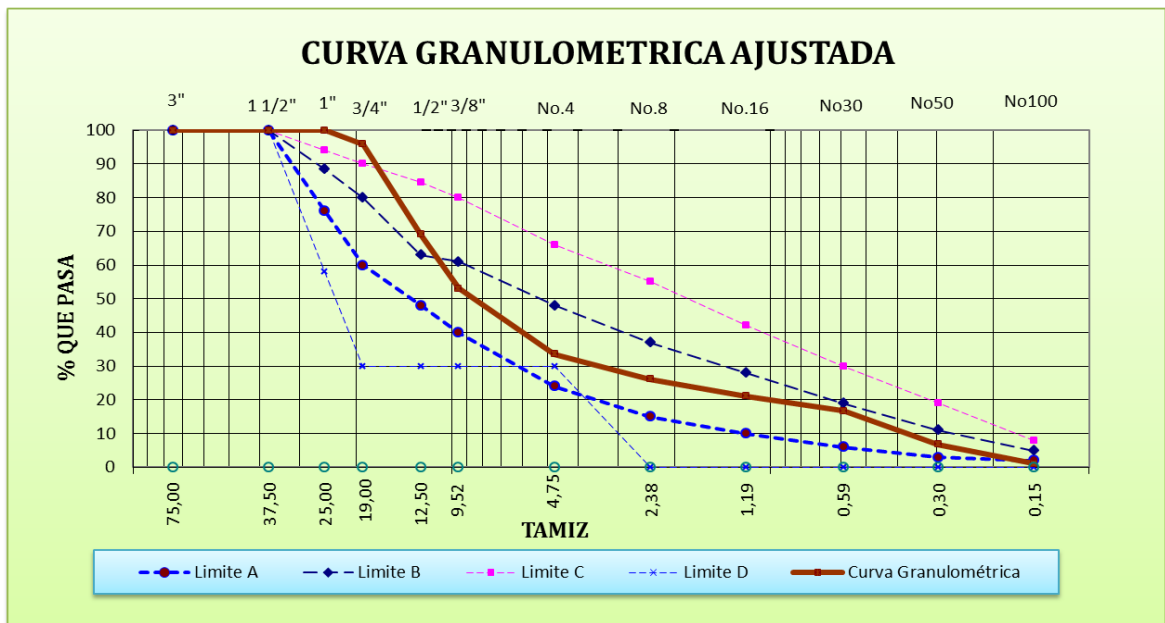


Figura N° 34. Curva granulométrica de los agregados ajustada.



### DOSIFICACION EN PESO POR m3 “método práctico”

#### ■ Agregados secos

$$V_{total\ de\ agregados} = 1000 - cantidad_{cemento} - cantidad_{agua} - cantidad_{aire}$$

Vol. Total Agregado = 662,69 Lts.

$$arena = \frac{\%mezcla\ arena}{100} * P.E.seco_{arena} * V_{total\ del\ agregado}$$

$$grava = \frac{\%mezcla\ grava}{100} * P.E.seco_{grava} * V_{total\ del\ agregado}$$

Arena = 559,84 Kg	}	Suma Total Agregado = 1.692,04 Kg.
Gravilla = 0,00 Kg		
Grava = 1.132,20 Kg		

#### ■ Corrección

$$correccion = \frac{\%mezcla}{100} * \sum total\ de\ agregado$$

Arena = 558,37 Kg.

Gravilla = 0,00 Kg.

Grava = 1.133,67 Kg.

#### ■ Dosificación para agregado seco en peso m3

Cantidad de Cemento = 450 Kg.

Agua = 180 Lts.

Arena corregida = 558 Kg.

Gravilla corregida = 0 Kg.

Grava corregida = 1.134 Kg.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

### ■ Agregados saturados superficialmente secos (corrección por absorción)

$$\text{correccion por absorcion} = \text{arena}_{\text{corregida}} * \frac{\% \text{absorcion}}{100}$$

Arena =	6,70	Kg.	}	sumatoria	25,41	Kg.
Gravilla =	0,00	Kg.				
Grava =	18,71	Kg.				

### ■ Dosificación para Agregados Saturados Superficialmente Secos

$$\text{agua} = \text{agua}_{\text{inicial}} + \text{agua}_{\text{corregida por absorcion}}$$

Cemento de planilla 5 =	450	Kg.
Agua =	205	Lts.
Arena corregida =	558	Kg.
Gravilla =	0	Kg.
Grava corregida =	1.134	Kg.

### ■ Corrección Por Humedad

$$\text{arena 0} = \text{arena}_{\text{corregida}} * \frac{100}{100 - \% \text{ de humedad arena}}$$

$$\text{grava 0} = \text{grava}_{\text{corregida}} * \frac{100}{100 - \% \text{ de humedad grava}}$$

$$\text{arena corregida 1} = \text{arena 0} - \text{arena}_{\text{corregida}}$$

$$\text{grava corregida 1} = \text{grava 0} - \text{grava}_{\text{corregida}}$$

Arena 0 =	564,21	Kg.
Gravilla 0 =	0,00	Kg.
Grava 0 =	1.139,01	Kg.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

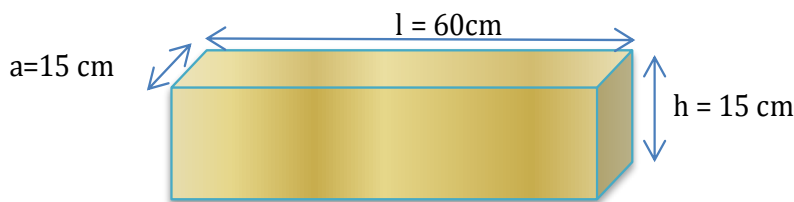
Arena corregida 1 =	6,21	}	sumatoria	11,22	Kg.
Gravilla corregida 1 =	0,00				
Grava corregida 1 =	5,01				

### Dosificación Final Con Áridos Húmedos

DOSIFICACION OBTENIDA		
Material	Por m <sup>3</sup>	Por Bolsa
Cemento (Kg)	450	50
Agua (Its)	194	22
Arena (kg)	564	63
Gravilla (kg)	0	0
Grava (Kg)	1139	127

Tabla N° 22, dosificación obtenida para el hormigón

### Dosificación Aconsejada por molde



$$V = h * l * a$$

Volumen del molde =  $13500\text{ cm}^3 \cong 1,35\text{E-}02\text{ m}^3$



Dosificación Aconsejada por molde		
Material	Por molde	total moldes
Cemento (Kg)	6	85
Agua (lts)	3	37
Arena (kg)	8	107
Gravilla (kg)	0	0
Grava (Kg)	15	215

Tabla N° 23, dosificación por molde.

#### 4.2.7. VACIADO DE LOS MOLDES CON HORMIGÓN

- **Toma de muestras del hormigón fresco.**

Como ya se ha dicho, vamos a fabricar probetas rectangulares de dimensiones 15\*15\*60 cm, de hormigón, compuestas por una parte del mismo y los materiales alternativos como lo son tubería estructural de: 1<sup>1/4</sup>” y 1<sup>1/2</sup>”, con un espesor de pared de 2 mm rellenas con mortero y vacías además de la barra lisa que normalmente se usa como pasador en el pavimento rígido.

- **Ensayos de consistencia.**

**Cono de Abrams:** Se utiliza un molde sin fondo de forma troncocónica, provisto de dos asas para manipularlo, con unas dimensiones interiores específicas, se coloca el molde sobre una superficie plana, rígida e impermeable. Se humedece el interior del molde y la superficie. Se introduce el hormigón y enrasa la superficie. Se desmolda inmediatamente, levantando el cono despacio y en dirección vertical sin sacudidas y medimos el punto más alto de la masa asentada.

La medida de la consistencia de un hormigón fresco por medio del cono de Abrams es un ensayo sencillo de realizar en obra, no requiere equipo costoso ni personal especializado. Según el descenso de la superficie superior del



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

hormigón, denominado ‘asiento’ se puede clasificar la consistencia del hormigón de acuerdo con los valores indicados en la planilla N° 9.

Asiento (cm)	Consistencia
0 – 2	Seca
3 – 5	Plástica
6 – 9	Blanda
10 – 15	Fluida

**Tabla N° 24,** *Clasificación de la consistencia del hormigón en función del asiento*

Entrando en lo que es la práctica en general partiremos por una descripción consecutiva paso a paso:

- a) Se prepara los materiales que integran la mezcla, estamos hablando de la arena, la grava, el cemento y los materiales alternativos.



**Figura N° 35,** *tuberías estructurales*



**Figuras N° 36, preparación de materiales**

- b) Una vez preparado el material, se procede al preparado de la mezcla en base a la dosificación calculada.



**Figuras N° 37, mezcla.**

- c) Cuando se tiene listo el hormigón que es preparado del mismo modo que en tecnología del hormigón, se debe hacer el ensayo del cono de *Abrams*, para verificar que la consistencia este dentro de los rangos establecidos.



Figuras N° 38, cono de Abrams.



- d) Una vez realizado el cono de Abrams, y verificado el asiento es decir que se mantenga en el rango de 2-5 cm. Se procede a llenar los moldes del material y añadir los *materiales alternativos*.



Figura N° 39, colocado de tuberías en los moldes

e) Se trabajara colocando los materiales alternativos de acuerdo al siguiente cuadro de posiciones que se presenta a continuación:

<b>TUBOS DE 2MM VACÍOS</b>	<b>En el Tercio Superior</b>	<b>tubo 1 1/4"</b>	<b>3</b>
		tubo 1 1/2"	3
<b>TUBOS DE 2MM RELLENOS CON MORTERO 1:3</b>	En el Tercio Superior	tubo 1 1/4"	2
		tubo 1 1/2"	2
	En el centro	tubo 1 1/4"	3
		tubo 1 1/2"	3
	En el Tercio Inferior	tubo 1 1/4"	2
		tubo 1 1/2"	2
<b>BARRAS LISAS</b>	En el Tercio Superior	1"	2
	En el centro	1"	3
	En el Tercio Inferior	1"	2
<b>TOTAL PROBETAS</b>			<b>30</b>

Tabla N° 25, control de probetas a vaciar.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”



Figura N° 40, ubicación de los materiales alternativos



#### 4.2.8. CURADO DE LOS MOLDES CON HORMIGÓN

Terminado el proceso de vaciado de los moldes de hormigón, se guardaran los moldes en un ambiente seguro y a una humedad ambiente ahí esperaran, hasta que llegue el momento del desmolde que normalmente varía entre 24 horas y un poco más. Tras transcurrir las 24 horas, hemos de desmoldar las probetas e inmediatamente introducirlas en agua



**Figura N° 41, desmolde de probetas**

para realizar el curado, que debe llevar mínimamente una semana claro que si se cuenta con el tiempo es mucho mejor procurar que este tiempo se prolongue un poco más, esto de ser posible ayudara en una medida considerable el mejor desarrollo del proceso de curado.



**Figura N° 42, curado de probetas de hormigón**

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

Una vez terminado el proceso de desmolde y puestos en agua las probetas una parte no sustancial pero no menos importante es la parte de limpieza de los moldes para una reutilización, en posteriores ocasiones dentro del proceso de vaciado de las probetas.



**Figura N° 43, limpieza de moldes.**

Finalmente para tratar de simular un comportamiento igual al de barra lisa se procedió a aserrar los moldes aparentando la junta de dilatación en el pavimento rígido, esta junta tiene una profundidad de 2cm y un ancho de 0,5 cm.



**Figura N° 44, Aserrado de moldes.**

#### 4.2.9 EVALUACIÓN DE RESISTENCIAS EN LOS MATERIALES ALTERNATIVO

En cuanto a la evaluación de materiales alternativos se procedió a la rotura de los moldes en los laboratorios de SOBOCE, en estos laboratorios se cuenta con la maquina adecuada para la rotura de moldes de hormigón a flexión la misma que dará como resultados los datos de las cargas que resisten dichos moldes de hormigón, la que luego nos servirá para encontrar el valor de la resistencia.

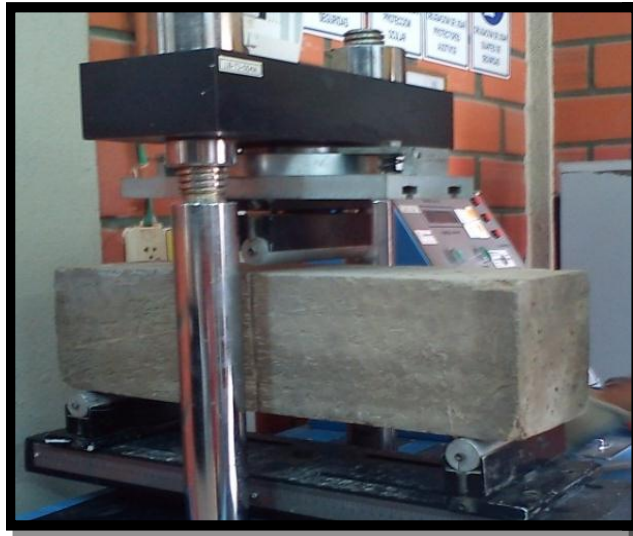


**Figura N° 45,** *Maquina con carga centrada para la rotura de los moldes.*

La carga impuesta a los moldes fue ubicada al centro de los mismos, aunque la posición de la fisura permanece incontrolada en este ensayo, el hecho de imponer una carga centrada da como resultado un pico marcado para la flexión alrededor del centro de la viga. De esta manera se produce generalmente el fallo muy cercano al centro de aplicación de dicha carga. El resultado es una rotación de fisura más constante para una deflexión central dada.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”



**Figura N° 46, ubicación de carga y fisura.**



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

**4.2.9.1 Controles de rotura para los moldes de hormigón**

Para el control de rotura para las probetas se trabajó en base a la siguiente tabla:

Cilindro N°	TIPO DE ESTRUCTURA	descripcion de la barra	ubicación respecto a la base	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	AREA (cm2)	Carga en (KN)	CARGA (Kg.)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	factor de correccion	PROYECCION 28 días (Kg/cm2)	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
1	moldes rectangulares	barra lisa de Ø 1"	1/2 de la base	10/10/2012	07/11/2012	28	810	38,95	39,70	49,018	1	49,018	48,305	2,046
2			1/2 de la base	10/10/2012	07/11/2012	28	810	39,65	40,42	49,899	1	49,899		
3			1/2 de la base	10/10/2012	07/11/2012	28	810	36,55	37,26	45,997	1	45,997		
4	moldes rectangulares	barra lisa de Ø 1"	1/3 de la base	10/10/2012	07/11/2012	28	810	39,30	40,06	49,458	1	49,458	52,258	3,96
5			1/3 de la base	10/10/2012	07/11/2012	28	810	43,75	44,60	55,058	1	55,058		
6	moldes rectangulares	barra lisa de Ø 1"	2/3 de la base	10/10/2012	07/11/2012	28	810	36,65	37,36	46,123	1	46,123	45,507	0,87
7			2/3 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	35,67	36,36	44,890	1	44,890		
8	moldes rectangulares	tubería estructural de Ø 1 1/4" rellena de mortero	1/2 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	39,15	39,91	49,269	1	49,269	50,465	3,582
9			1/2 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	43,30	44,14	54,492	1	54,492		
10			1/2 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	37,85	38,58	47,633	1	47,633		
11	moldes rectangulares	tubería estructural de Ø 1 1/4" rellena de mortero	1/3 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	38,56	39,31	48,527	1	48,527	51,038	3,55
12			1/3 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	42,55	43,37	53,548	1	53,548		
13	moldes rectangulares	tubería estructural de Ø 1 1/4" rellena de mortero	2/3 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	34,10	34,76	42,914	1	42,914	41,945	1,37
14			2/3 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	32,56	33,19	40,976	1	40,976		
15	moldes rectangulares	tubería estructural de Ø 1 1/2" rellena de mortero	1/2 de la base	15/10/2012	12/11/2012	28	810	45,05	45,92	56,694	1	56,694	59,539	2,610
16			1/2 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	43,65	44,50	54,933	0,914	60,101		
17			1/2 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	44,90	45,77	56,506	0,914	61,822		
18	moldes rectangulares	tubería estructural de Ø 1 1/2" rellena de mortero	1/3 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	48,20	49,13	60,659	0,914	66,366	65,402	1,36
19			1/3 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	46,80	47,71	58,897	0,914	64,439		
20	moldes rectangulares	tubería estructural de Ø 1 1/2" rellena de mortero	2/3 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	35,65	36,34	44,865	0,914	49,086	48,673	0,58
21			2/3 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	35,05	35,73	44,110	0,914	48,260		
22	moldes rectangulares	tubería estructural vacía de Ø 1 1/4"	1/2 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	31,67	32,28	39,856	0,914	43,606	42,893	1,195
23			1/2 de la base	05/11/2012	24/11/2012	19	810	30,15	30,73	37,943	0,914	41,513		
24			1/2 de la base	13/11/2012	24/11/2012	11	810	27,76	28,30	34,935	0,802	43,560		
25	moldes rectangulares	tubería estructural vacía de Ø 1 1/2"	1/2 de la base	13/11/2012	24/11/2012	11	810	29,70	30,28	37,377	0,802	46,605	44,146	2,741
26			1/2 de la base	13/11/2012	24/11/2012	11	810	26,25	26,76	33,035	0,802	41,191		
27			1/2 de la base	13/11/2012	24/11/2012	11	810	28,45	29,00	35,804	0,802	44,643		
28	moldes rectangulares	moldes de hormigón simple	.....	10/10/2012	07/11/2012	28	810	30,46	31,05	38,333	1	38,333	40,843	2,300
29			.....	05/11/2012	24/11/2012	19	810	31,12	31,72	39,164	0,914	42,849		
30			.....	13/11/2012	24/11/2012	11	810	26,35	26,86	33,161	0,802	41,348		

Tabla N° 26, planilla de resultados.

### 4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO

#### 4.3.1 Gráficos interpretativos

En esta parte de la investigación se realiza una comparación entre cada material alternativo, esta comparación grafica nos ayudara de un modo más preciso a determinar que material alternativo presenta características más aceptables en cuanto a resistencia y comparado con la barra lisa de 1”.

O en su defecto nos ayudara a localizar más rápidamente que material alterno es menos apto para el fin que se persigue y como varia su inoperancia en el aspecto estructural.

A continuación se presentan los gráficos obtenidos:

#### ■ Resistencia Vs. Posición del tubo

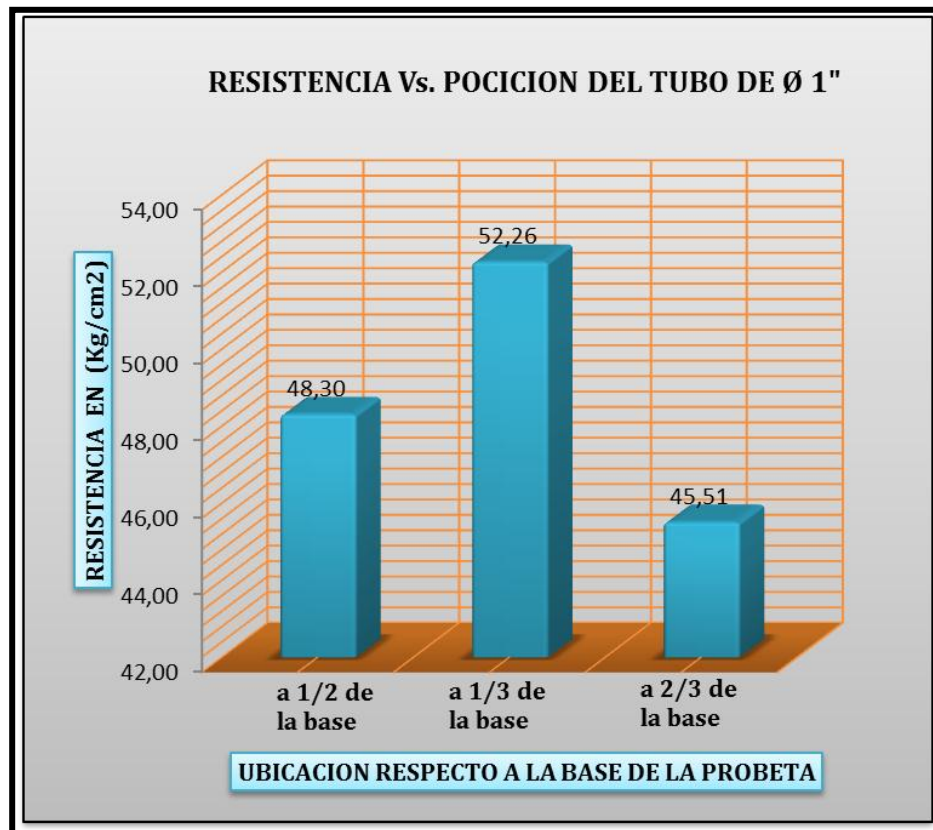


Figura N° 47, comparación de resistencia de la barra de  $D= 1''$  en sus tres posiciones

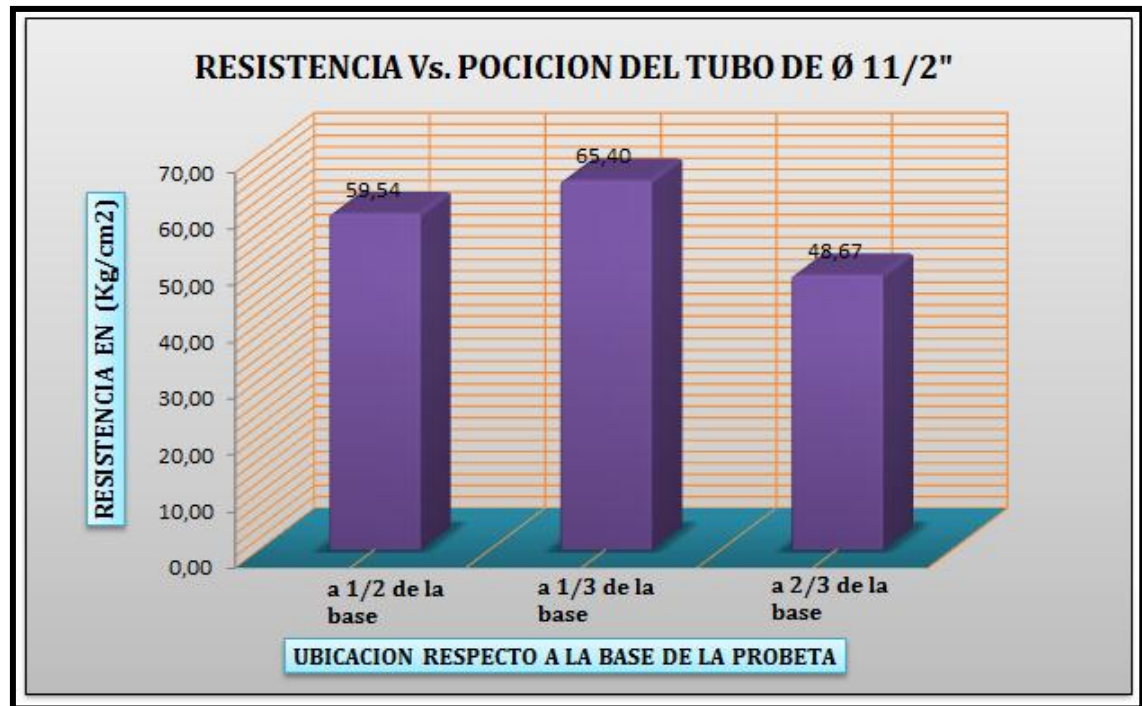
“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

En la figura N° 47, podemos analizar claramente la variación de resistencia existente para cada posición de la barra lisa de  $\varnothing 1''$ , siendo fácil analizar en cuál de las tres posiciones la barra lisa responde mejor a la carga aplicada, además podemos observar la posición más desfavorable de la barra y así entender mejor el comportamiento estructural de la misma.



**Figura N° 48,** comparación de resistencia de la tubería de  $\varnothing= 1 1/4''$  en sus tres posiciones

Para este caso la figura N° 48, muestra el comportamiento estructural de la tubería de  $\varnothing= 1 1/4''$  rellena de mortero, este comportamiento estructural varía en cada posición con respecto a la base de la probeta, muestra claramente en qué posición se obtiene la mejor resistencia y cuanto varía la misma con respecto a la más baja.



**Figura N° 49**, comparación de resistencia de la tubería de  $\varnothing= 1 1/2''$  en sus tres posiciones

La figura N° 49, muestra la respuesta que tuvo la tubería estructural de  $\varnothing= 1 1/2''$  rellena de mortero en cuanto a resistencia, esta respuesta se expresa en las tres posiciones en las que se colocó a la tubería con respecto a la base de la probeta, muestra claramente en qué posición se obtiene la mejor resistencia y cuanto varia la misma con respecto a la resistencia más baja adquirida.

A continuación mostraremos el comportamiento estructural de las tuberías de diámetros  $1 1/4''$  y  $1 1/2''$  pero en esta ocasión, estas se encuentran vacías en su interior. Las mismas solo se ensayaron la posición central, para poder compararlas con respecto a la barra lisa en condiciones reales

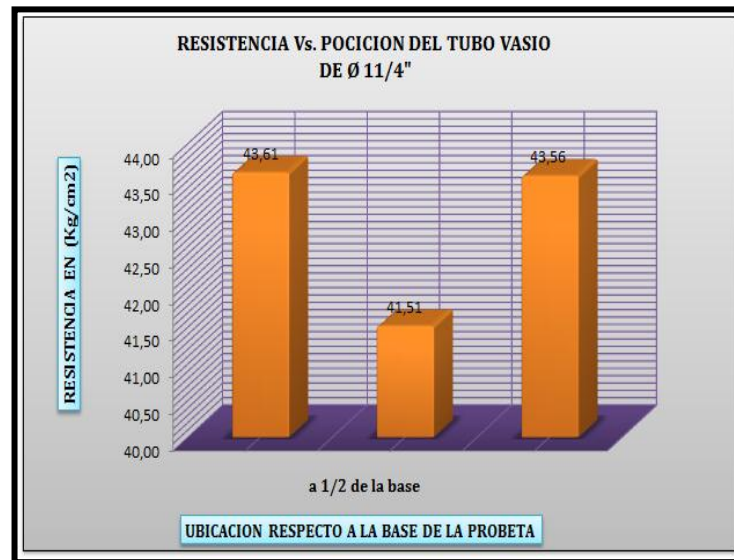


Figura N° 50, comparación de resistencia de la tubería vacía de  $\varnothing = 1 1/4$ "

En la figura N° 50, se analizan los tres casos, en los que la tubería estructural vacía se encuentra ubicada al centro de la probeta, nos muestra como varían las resistencias y cuáles de los tres valores se aproximan más para tomar el mismo, como aceptable y más cercano a la realidad.

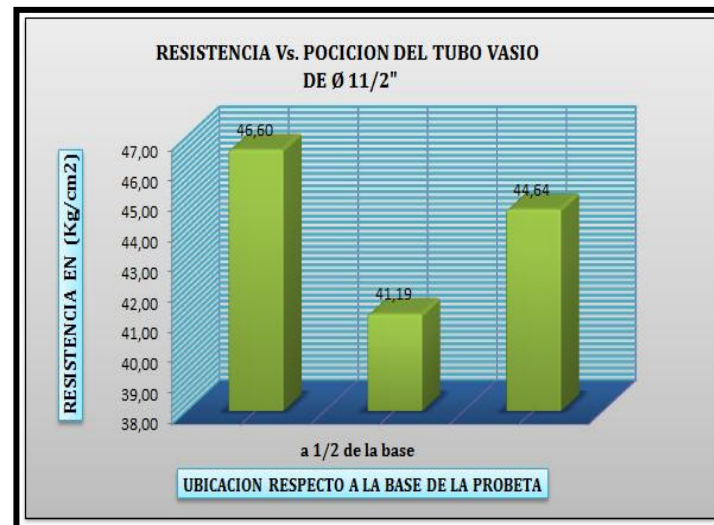


Figura N° 51, comparación de resistencia de la tubería vacía de  $\varnothing = 1 1/2$ "

En la figura N° 51, se analizan los tres casos, en los que la tubería estructural de  $\varnothing = 1 1/2$ " vacía se encuentra ubicada al centro de la probeta, nos muestra como varían sus resistencias y cuál de las tres es la más aceptable.

**Resistencias vs. relación barra-tubería estructural**

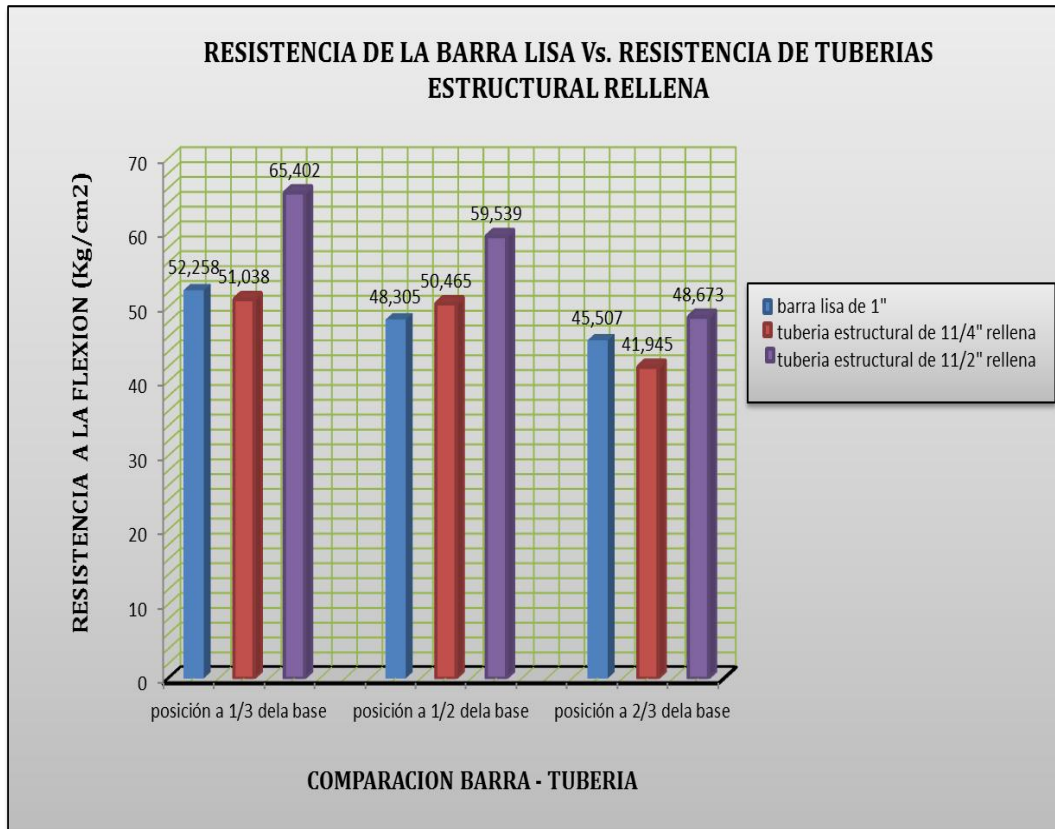


Figura N° 52a, Relación barra-tuberías rellenas de mortero.

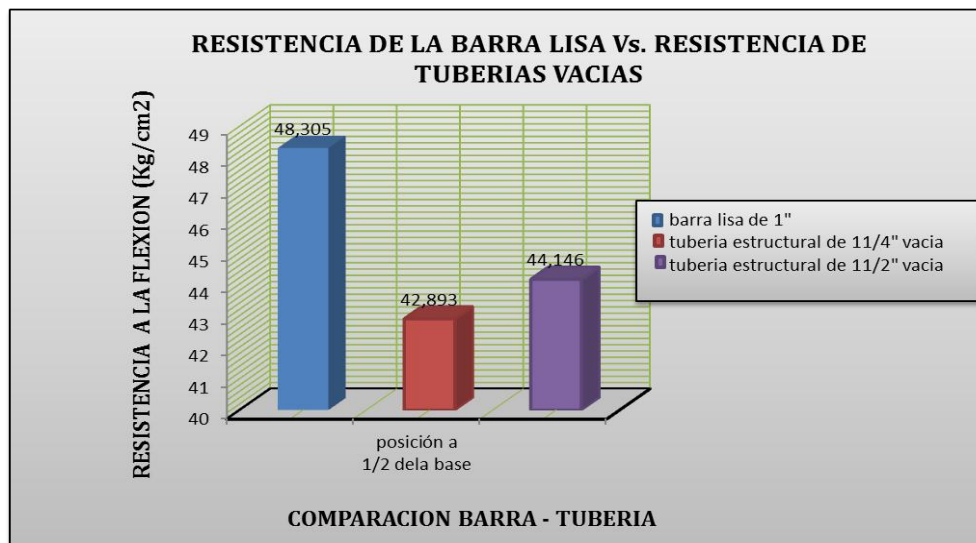


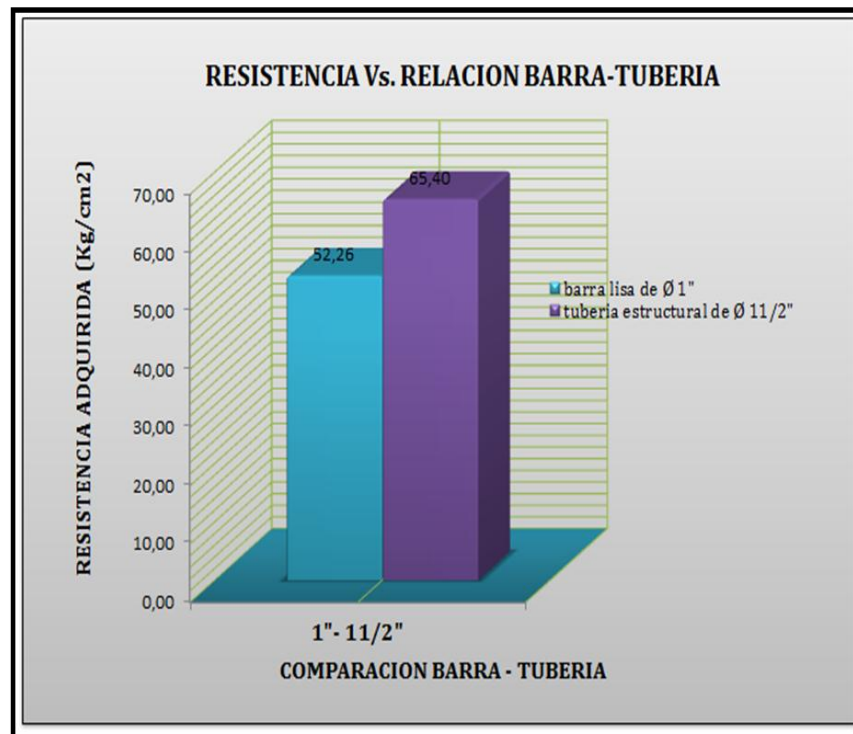
Figura N° 52b, Relación barra-tuberías vacías.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

La grafica N° 52a y 52b, son gráficas representativas ya que la mismas nos muestran una comparación directa entre la barra de acero lisa que es la que normalmente se emplea como pasador en el pavimento rígido y la tubería estructural tanto rellena de mortero como vacía, cabe mencionar que para la gráfica solo se usaron las posiciones en las que mejor responde el material alternativo y esta opción ya la analizamos en la anterior gráfica.

Estas graficas además muestran el material que mejor responde en comparación con la barra lisa de diámetro 1”, además establecemos la diferencia de resistencia que existe en relación a los cuatro materiales alternativos.

### ■ Resistencia vs. Relación barra más favorable



**Figura N° 53, Relación barra-tubería más favorable**

En esta figura N° 53, mostramos claramente que barra es la que mejor respondió en cuanto a resistencia, observamos como la tubería estructural de diámetro 1 1/2” es la que alcanza el valor más alto de resistencia, la misma esta rellena de mortero y se encuentra ubicada en el tercio inferior con respecto al molde empleado.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

■ Resistencia de todos los casos Vs. Posición del tubo

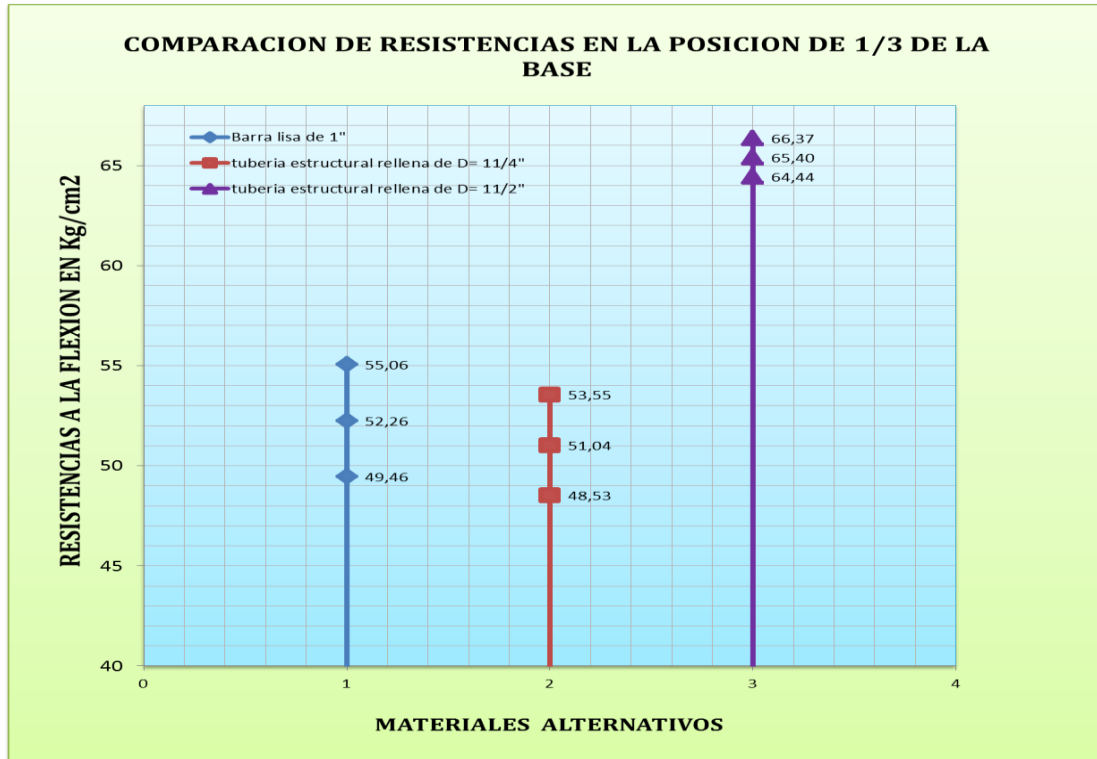
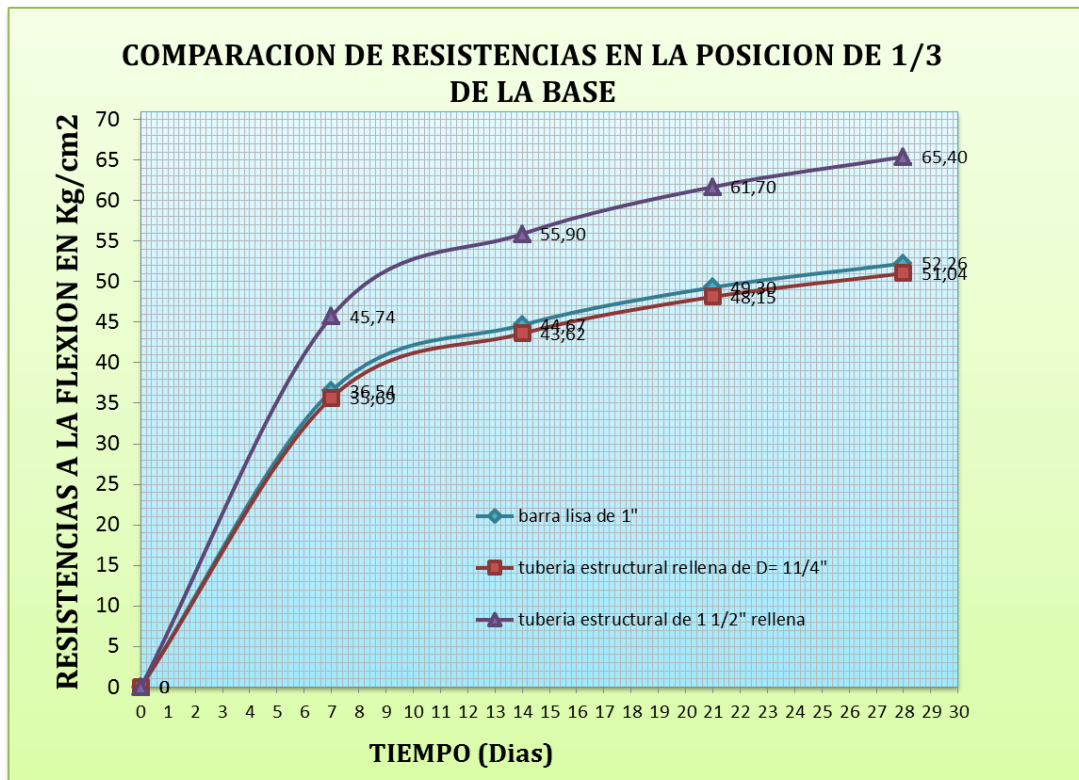


Figura N° 54, Resistencias a 1/3 de la base.





“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

Estas graficas establecen la resistencia a la flexión que alcanzaron cada uno de los materiales alternativos, respecto a 1/3 de la base que es una de las posiciones adoptadas para la ubicación de los materiales alternos.

En este sentido al realizar el análisis de las gráficas, podemos notar que el material que mejor reacciona es la tubería estructural rellena de mortero de  $D = 1^{1/2}$  pulg. Al mismo tiempo que el material que obtuvo bajas resistencias es el de la tubería estructural rellena de  $1^{1/4}$  pulg. Además podemos notar que la variación de resistencia respecto a la barra lisa tradicional es muy significativa.

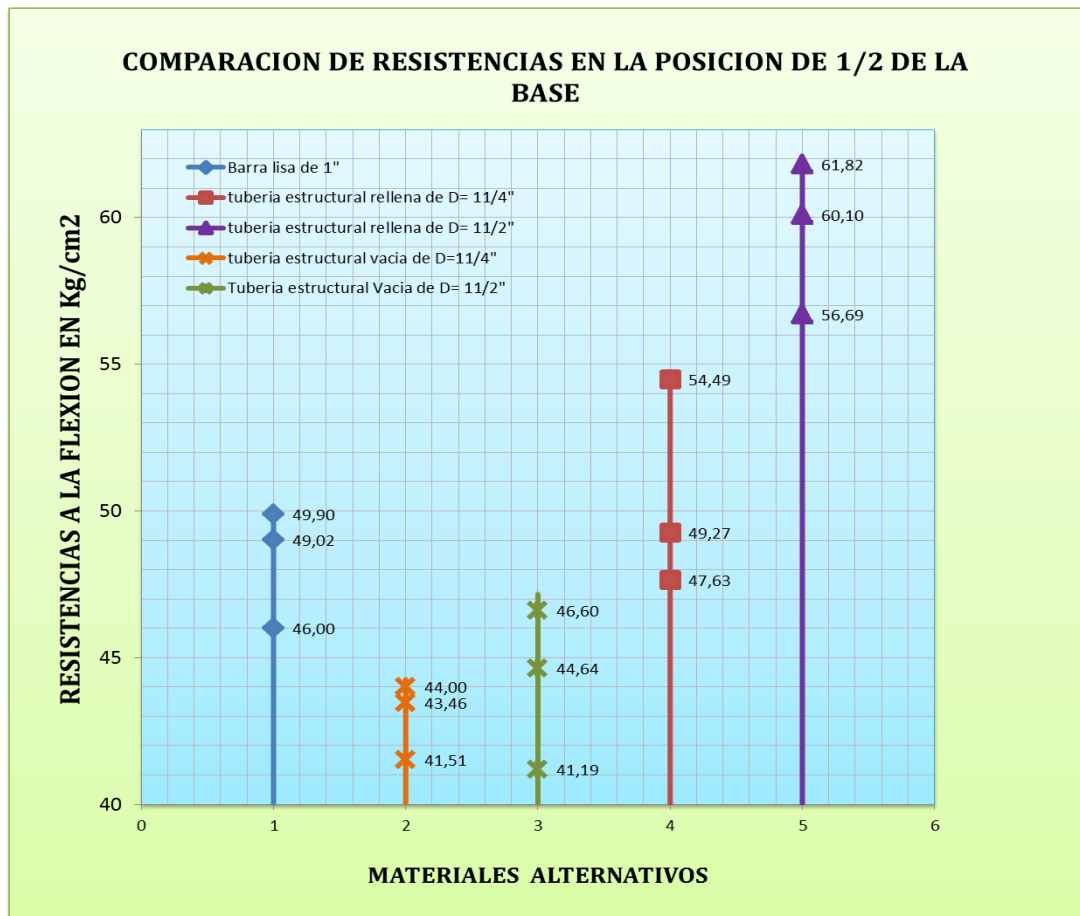


Figura N° 55, Resistencias a 1/2 de la base.

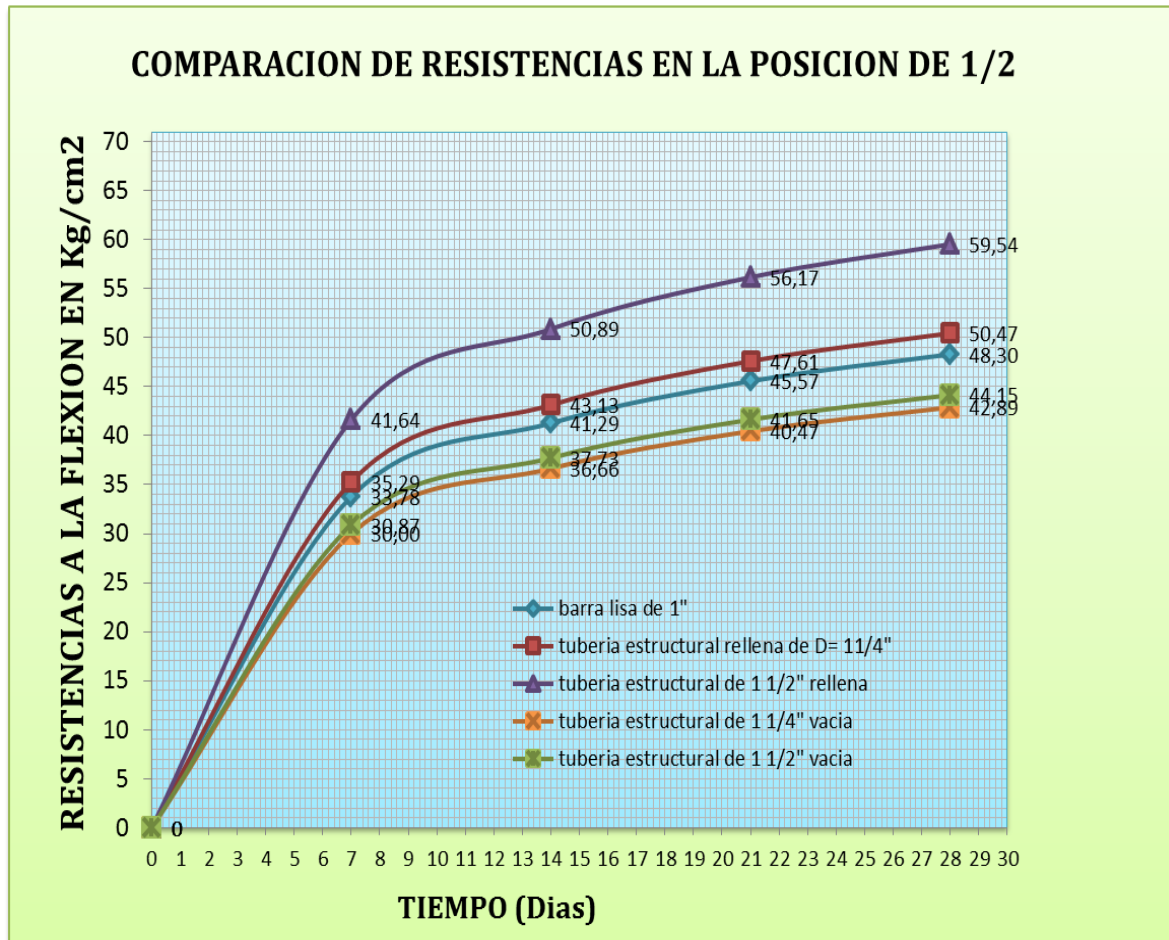


Figura N° 55, Resistencias a 1/2 de la base.

Estas segundas gráficas demuestran la resistencia a la flexión que alcanzaron cada uno de los materiales alternativos, respecto a  $\frac{1}{2}$  de la base que es una de las posiciones adoptadas para la ubicación de los materiales alternos.

En este sentido al realizar el análisis de la gráfica, podemos notar que el material que mejor reacciona es la tubería estructural rellena de mortero de  $D = 1\frac{1}{2}$  pulg. Al mismo tiempo que el material que obtuvo bajas resistencias es el de la tubería estructural vacía de  $1\frac{1}{4}$  pulg. Ambas en base a su posición pero la diferencia entre ellas radica en que la primera esta representada por resistencias Vs. Material y la segunda resistencias Vs. tiempo.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

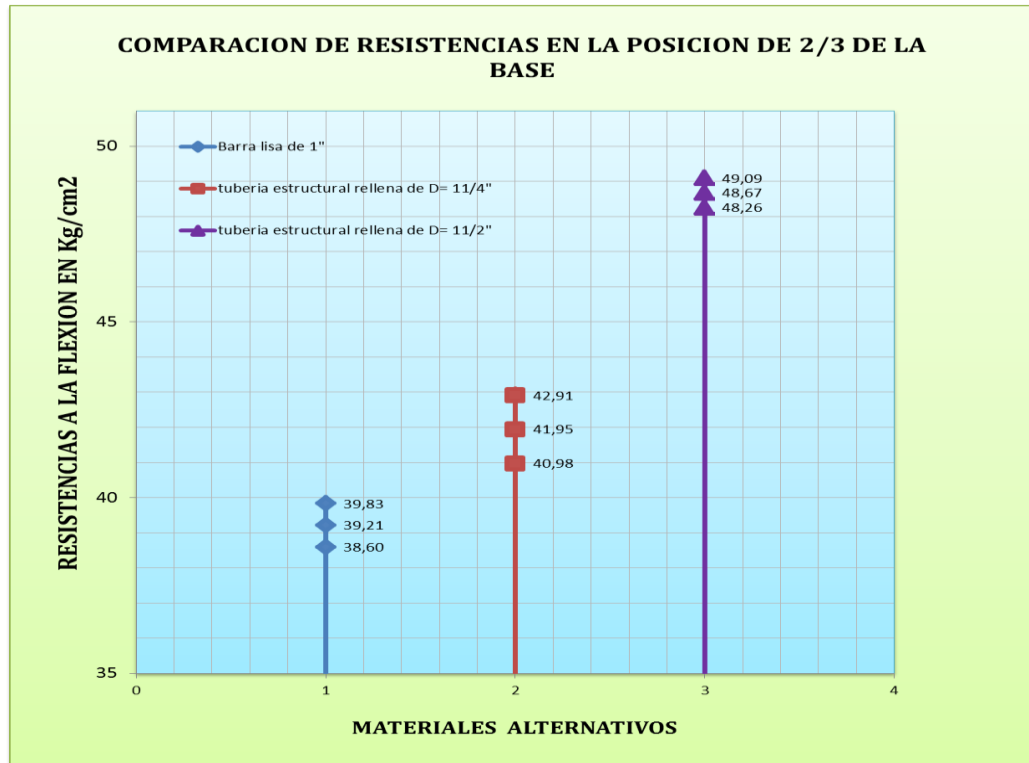
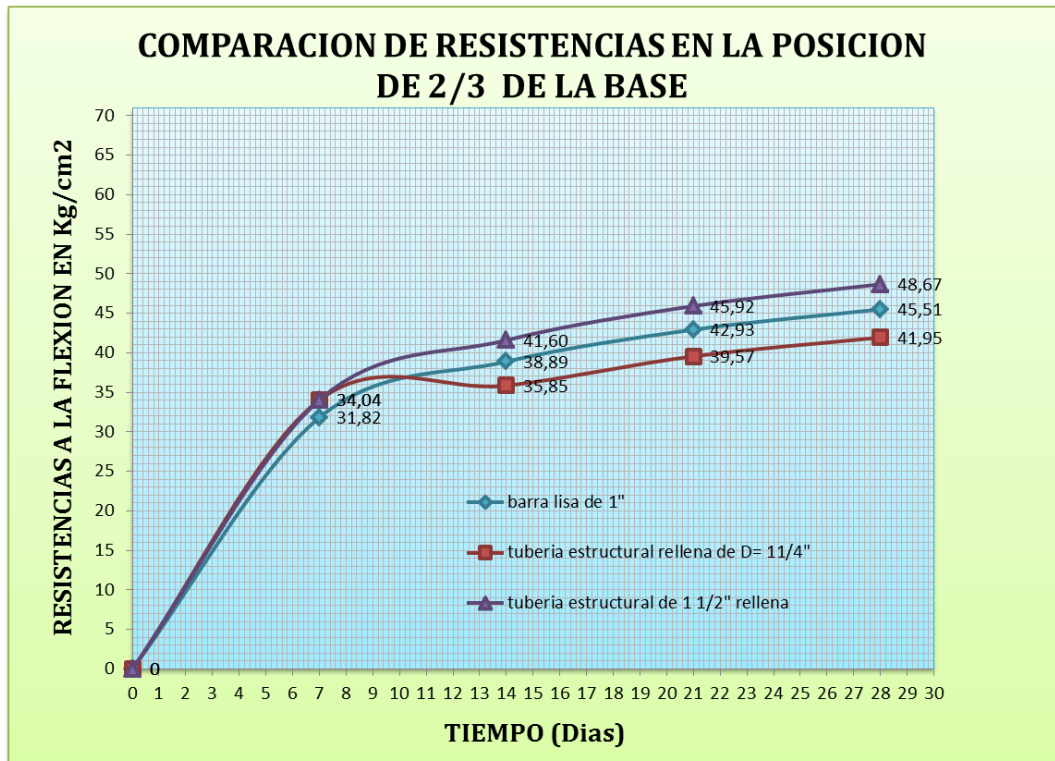


Figura N° 56, Resistencias a 2/3 de la base.



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

Esta última grafica también establece la resistencia a la flexión que alcanzaron cada uno de los materiales alternativos, respecto a 2/3 de la base que es una de las posiciones adoptadas para la ubicación de los materiales alternos.

En este sentido al realizar el análisis de la gráfica, podemos notar que el material que mejor reacciona es la tubería estructural rellena de mortero de  $D = 1^{1/2}$  pulg. Al mismo tiempo que el material que obtuvo bajas resistencias es la barra lisa 1 pulg. Vemos también que existen algunas variaciones respecto a las resistencias para cada caso, esto puede atribuirse al hecho de que algunos moldes estaban mejor apisonados y por ende con menor relación de vacíos.

■ Resistencia Vs. Todos los casos.

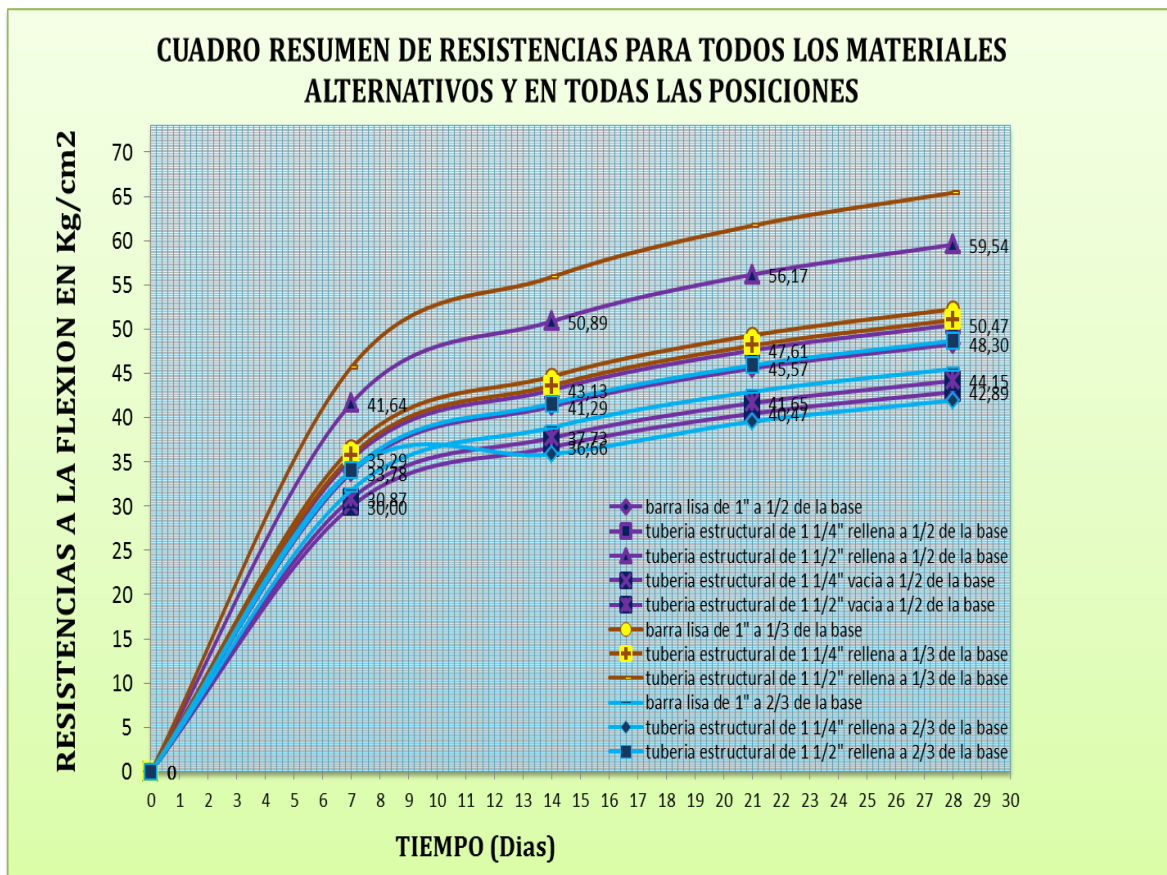
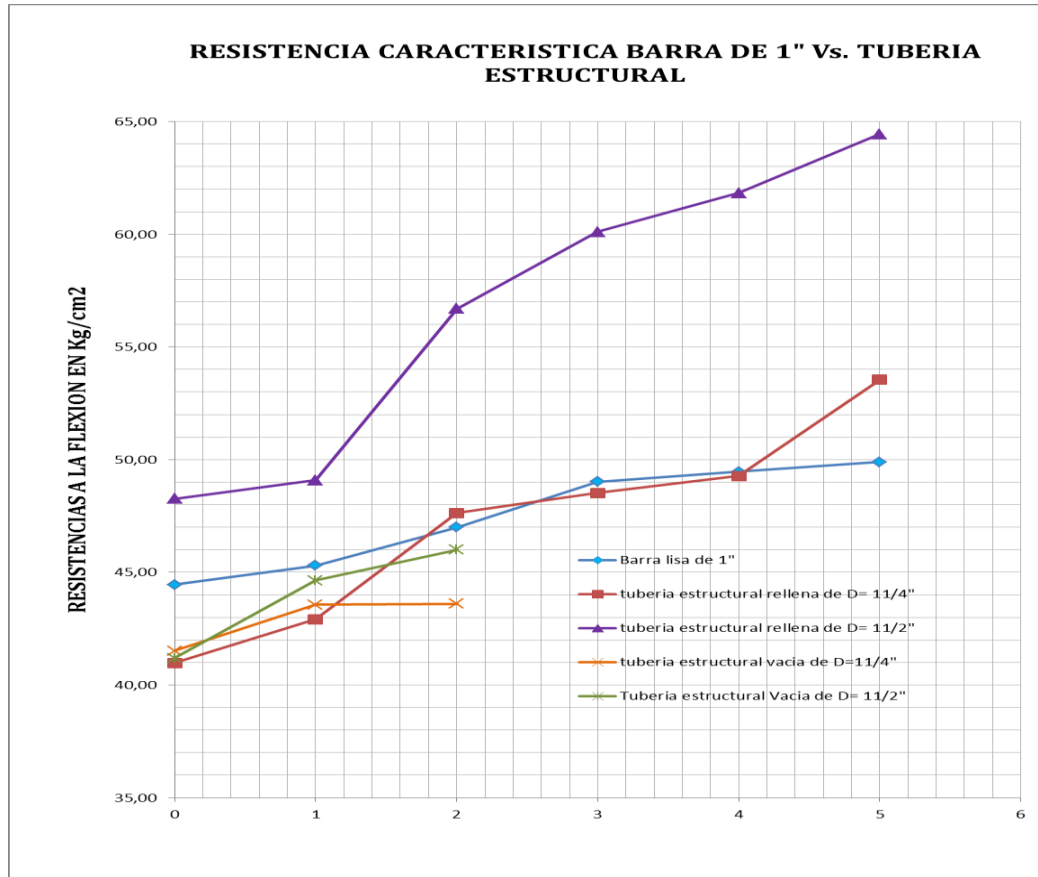


Figura N° 57, Resistencia Vs. Todos los casos.

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

La gráfica N° 57, muestra una correlación de todos los datos obtenidos en el laboratorio, esta correlación muestra el rango de resistencia que alcanzaron cada una de las probetas ensayadas, además establecemos el límite de resistencia aceptable, de acuerdo a este rango puede observarse claramente que satisfactoriamente más del 50% de los datos, alcanzan la resistencia adecuada, lo que nos complace, como forjadores de esta investigación.



**Figura N° 58, Resistencia característica Vs. Tubería estructural**

Finalmente la gráfica N° 58, establece una clara comparación entre la barra lisa de 1” representada de color celeste y la tubería estructural de diámetros 1 1/2” y 1 1/4” tanto rellenas de mortero como vacías, nos ayuda a visualizar que valores de resistencia están por encima de la barra lisa tradicional las cuales son aceptables y que valores están por debajo siendo estos rechazados.

**CAPÍTULO V "CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"****5.1 CONCLUSIONES**

Al finalizar esta investigación las conclusiones a las que se llegó son:

- El análisis de resultados mediante gráficos y en cierta medida con la ayuda de la estadística, nos ha ayudado a establecer la variación de resistencias que existe entre cada material alternativo.

Este análisis arroja claramente cuál es el material alternativo que ofrece la mejor resistencia y cuanto varia la misma con respecto a la resistencia que ofrece la barra de acero liso de 1".

<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>TIPO DE MATERIAL ALTERNATIVO EMPLEADO EN LA INVESTIGACIÓN.</b>
<b>52,26</b>	barra lisa de Ø 1"
<b>51,04</b>	tubería estructural de Ø 1 1/4" rellena de mortero
<b>65,40</b>	tubería estructural de Ø 1 1/2" rellena de mortero
<b>43,61</b>	tubería estructural de Ø 1 1/4" Vacías
<b>46,60</b>	tubería estructural de Ø 1 1/2" Vacías
<b>MEJOR ALTERNATIVA</b>	<b>tubería estructural de Ø 1 1/2" rellena de mortero</b> $R = 65,40 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$ <b>VARIACION RESPECTO A LA BARRA LISA DE 1"</b> $\Delta R = 13,14 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

**Tabla N° 27, planilla de resultados finales**

- En cuanto a los valores obtenidos, y a las experiencias recolectadas en las prácticas de laboratorio, las observaciones más importantes que pudo hacerse son que la tubería estructural rellena de mortero con un diámetro de 1 1/2"

“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

reaccionó mejor que la barra lisa tradicional, siendo posible afirmar que la hipótesis planteada se cumplió, claro que este es uno de los mejores resultados ya que en cuanto a lo que se refiere a la tubería estructural rellena de 11/4” de diámetro, la misa también obtuvo muy buenos resultados.

- Las tuberías estructurales rellenas de mortero tanto de 11/2” y 11/4”, al someterse a la carga puntual trabajaron adecuadamente su resistencia puesto que se observó que las mismas no sufrieron deformación alguna lo que nos indica que el grado de deflexión que se tiene es muy bueno.



**Figura N° 59, Deformación de las probetas**

- En el momento de la rotura de las probetas, se pudo observar claramente que la falla en el hormigón era mucho más pequeña y se concentraba solo alrededor 1/3 de la base en aquellos moldes que alcanzaron las mayores resistencias, esto nos lleva a suponer que las tuberías le transfieren a los moldes de hormigón parte de su resistencia.

- En cuanto a las posiciones de los materiales alternativos podemos mencionar que la posición en la que se obtuvieron mejores resistencias fue la que se posesiono a  $1/3$  de la base de la probeta, a nuestro modo de ver esto se debe a que la falla del hormigón se produjo en el tercio inferior de la probeta esto provocó que la barra trabajara mejor su resistencia a la flexión.



**Figura N° 60**, *ubicación de la tubería a  $1/3$  de la base*

- En base a la experiencia recolectada en laboratorio se observó como las tuberías estructurales vacías ya que las resistencias obtenidas son mucho menores a la de la barra lisa tradicional además de que el material sufre deformaciones que bajo el punto de vista estructural no son adecuadas para la resistencia ante una carga puntual.
- La barra de acero liso si bien es el material que generalmente se emplea como pasador para juntas de dilatación por su buena resistencia a la flexión, existe ahora en base a esta investigación un material alternativo que pudiera considerarse como apto en su resistencia a la flexión como la barra lisa incluso un tanto mejor, este antecedente marcará una puerta abierta a futuras investigaciones sobre los elementos estructurales que integran el pavimento rígido.



- Si bien es cierto que 30 datos no son una fuente lo suficientemente confiable como para afirmar el uso de este material alternativo, nos anima a investigaciones futuras con un rango de profundidad mayor, a indagar en este tema para llegar a algo mucho más concreto que en un futuro próximo pudiera hacerse realidad.

## 5.1 RECOMENDACIONES

En base a todas las experiencias recaudadas creemos que las recomendaciones más puntuales son las siguientes:

- Los equipos utilizados para la rotura de las probetas de hormigón son de vital importancia ya que los mismos, deben ser precisos y exactos en los resultados que arrojan ya que estos le darán la confiabilidad y aceptación o rechazo al trabajo para el cual están siendo usados.
- El hormigón como se sabe, es un compuesto que depende de los elementos que lo conforman y las condiciones que lo rodean, en este sentido se hace un hincapié en la importancia del seguimiento y control que se debe hacer con las mismas ya que estas representan un aspecto muy importante.
- En cuanto a la medición de resistencia hay que tomar en cuenta elementos que a veces no se toman en cuenta, tales como la retracción del mortero dentro de las tuberías o los efectos que causa la finura del cemento o el porcentaje de absorción de los agregados este análisis nos ayudara a obtener mejores resultados.
- En el análisis de resultados son muy importantes los gráficos interpretativos, estos nos permiten realizar una comparación mucho más precisa y consecuente además de representar un mecanismo más rápido y claro para el análisis de los resultados.
- Se insta a los estudiantes de ingeniería civil, indagar en nuevos temas de investigación no quedándose estancos en rutinas disciplinarias que si bien son



“Comportamiento de pasadores en juntas de dilatación para pavimento rígido con materiales alternativos”

la base, no deben convertirse en el culmen de sus capacidades intelectuales he interrogativas.

- Este trabajo puede servir como soporte para referencias bibliográficas, siempre y cuando los métodos y teorías planteadas se sometan a comparaciones y verificaciones correspondientes esto para una mayor seguridad del lector.
- Por ultimo hay que interpretar, este documento como un conocimiento vivo, que irá mejorando a medida que aumente el número de experiencias de este tipo lo que dará pasó a posteriores versiones del mismo.