

1.1. Antecedentes

En Bolivia una de las problemáticas en los pavimentos es la importancia que se les debe dar a las carreteras para cada región del país ya que por la topografía, el clima y otros factores, los pavimentos se deterioran y no cumplen su vida útil, por lo que se debe realizar la evaluación superficial de los pavimentos, para calificar el estado de los pavimentos determinando de esa forma si esta en buenas o malas condiciones y plantear ideas sobre las posibles soluciones para mejorar el estado de las carreteras.

Las vías al estar en servicio u operación se van deteriorando, presentando diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros que se tienen pueden ser pequeños al principio, pero a lo largo del tiempo pueden ser causa de problemas serios en la vía, que aceleran su deterioro, por esta razón para que una vía proporcione un servicio adecuado requiere de mantenimiento o conservación que asegure su vida de proyecto.

Las fallas en los pavimentos se originan principalmente por la falta de mantenimiento adecuado y oportuno, así como también se puede decir que los métodos corrientes del diseño de pavimentos se encuentran dentro del campo empírico, pese a los recientes avances teóricos efectuados para comprender mejor el comportamiento de dichos pavimentos.

La construcción del pavimento en nuestro país no cuenta con el conocimiento real del comportamiento a largo plazo en las condiciones que cada región ofrece. Es por ese motivo que surge el problema de evaluar las fallas y deterioros que presenta el pavimento, para así poder aplicar una posible solución oportuna que evite que tales deterioros y fallas se agraven tornándose en problemas mayores que puedan ocasionar la pérdida parcial o total de la superficie pavimentada.

1.2. Justificación

Ante la necesidad de averiguar el estado de la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo vía que actualmente se encuentra en pleno uso, pero con algunas dificultades

de transitabilidad por las fisuras y fallas. Se ve por conveniente realizar un estudio sobre la evaluación superficial de pavimentos.

El propósito fundamental de realizar la evaluación superficial de pavimentos es porque encontramos varios defectos y deformaciones a lo largo de la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo.

La importancia del estudio de la evaluación superficial de pavimentos en la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo surge de una necesidad a ser satisfecha lo mas pronto posible ya que un pavimento de una vía al igual que cualquier estructura u obra ingenieril tiene una vida útil, además de que necesita de conservación y mantenimiento determinando de ese modo si el pavimento podría ser rehabilitado o en su defecto ser remplazado en su totalidad para seguir brindando eficazmente sus servicios previniendo su conservación y continuidad.

Con este trabajo se propone sintetizar los conocimientos actuales relacionados con el tema de evaluación de los pavimentos desde el punto de vista de sus condiciones superficiales, ya que la misma evaluación superficial de la Avenida Bolívar de la ciudad de bermejo debe orientar al profesional proyectista en la búsqueda de posibles soluciones a los problemas prácticos fundamentales planteados en este campo de la ingeniería vial.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar un estudio sobre la evaluación superficial de pavimentos aplicados a la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Conocer los diferentes tipos, parámetros y propiedades de los pavimentos.
- Especificar porque se debe realizar una evaluación superficial de los pavimentos.
- Realizar un estudio del pavimento mediante una evaluación superficial.

- Analizar la metodología de una evaluación superficial de pavimentos.
- Analizar, evaluar y cuantificar las fallas y deterioros que tienen los pavimentos rígidos en su parte superficial bajo ciertas metodologías planteadas (IRI, PSI, PCI).
- Determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- Determinar la relación entre PSI-IRI.
- Determinar el Índice de Condición del Pavimento (PCI).
- Determinar el Valor Deducido Corregido (VDC) en función del tipo de falla, Grado de Severidad y la Densidad de las fallas observadas en el pavimento para posteriormente calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI).
- Determinar el estado del pavimento mediante la evaluación superficial de pavimentos

1.4. Alcance

El alcance del estudio pretende mostrar la necesidad de la evaluación superficial de pavimentos rígidos, por las fallas y deterioros visualizados en la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo.

El estudio de evaluación superficial en la Avenida Bolívar se realizara desde la calle Topater hasta la calle Litoral y no así de toda la Avenida Bolívar que esta comprendida desde la calle Topater hasta la Avenida Barrientos Ortuño, porque la parte de la Avenida Bolívar entre las calles Litoral y Avenida Barrientos Ortuño fue refaccionada recientemente.

El presente estudio es realizado por sub tramos, es decir por cada cuadra se toma como mínimo un sub-tramo de 20m, esta opción fue tomada en cuenta por el tiempo propuesto para la elaboración del proyecto que es de 3 meses. También debemos tomar en cuenta que se realizaron tres metodologías cada una con su respectiva medición, como el que se menciona a continuación:

- Se realizo la medición de cada una de las fallas que se presentan en cada sub-tramo, esta medición se realizo para tener conocimiento sobre el nivel de severidad de cada falla, ver ANEXO II.

- Se realizó un levantamiento topográfico para obtener las cotas a cada 50cm en todos los sub-tramos seleccionados, Toda esta información nos sirve para poder calcular el IRI con un programa computacional llamado INPACO ANEXO III.
- También se procede a calcular el estado del pavimento mediante la metodología PCI, este trabajo es más de gabinete, ya que se utiliza ábacos ver ANEXO I y niveles de severidad de acuerdo a las mediciones obtenidas en ANEXO II, para ver cálculo de PCI ver ANEXO IV.
- La última medición obtenida para el cálculo del PSI, es la obtención del Coeficiente de rugosidad C1 de acuerdo a observaciones visuales sobre la rugosidad y la obtención del coeficiente de agrietamiento que está en función de las siguientes mediciones: Numero de grietas y fisuras en cada uno de los sub-tramos, el largo y ancho promedio de cada losa que se encuentra dentro de los sub-tramos.

Lo que se quiere con el estudio es orientar como se puede realizar una evaluación superficial, ya que existen diferentes tipos y metodologías para un estudio de evaluación superficial, todos con un solo fin el de “reflejar el estado del pavimento”.

Los deterioros superficiales caracterizados por fallas de todo tipo provocan incomodidad al usuario, presentan riesgos para la inseguridad. Este estado de las vías provoca grandes pérdidas de tiempo y altos costos de operación a los usuarios.

Los deterioros en la calzada, caracterizados principalmente por agrietamientos y pequeñas deformaciones superficiales debidas principalmente al agua, hacen que la estructura inferior disminuya su capacidad soporte.

Es necesario identificar y clasificar las fallas o deterioros para poder plantear o recomendar las alternativas técnicas de reparación para las mismas, que se presenten en el estudio de la evaluación superficial.

2.1. Generalidades

El pavimento es toda una estructura formada por un conjunto de capas que están puestas una sobre otras, cada capa esta formada por material que satisface ciertas condiciones de manera que trabajen en conjunto estructuralmente para soportar las cargas de trafico que circula sobre dicha carretera.

El pavimento dependiendo de la última capa que seria la capa de rodadura puede ser: flexible o rígido.

2.2. Pavimento rígido

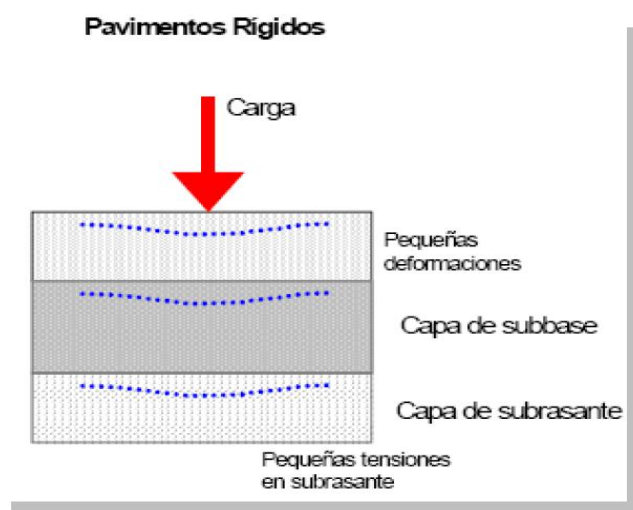


Fig. 2.1. Estructura de un pavimento rígido

Se define como pavimento rígido a aquel pavimento que esta construido con hormigón, en base a una granulometría adoptada en especificaciones, con o sin armadura, cuenta con juntas de dilatación térmica a distancias moduladas y tiene diferentes dimensiones según criterios adoptados por los diseñadores. Consta fundamentalmente de una capa de rodadura que es de hormigón, con frecuencia también de una capa sub-base y excepciones una capa base.

En un pavimento rígido debido a la rigidez de la losa de hormigón, se produce una buena distribución de las cargas de ruedas dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Debido a la rigidez y alto modulo de elasticidad del hormigón los pavimentos rígidos basan su capacidad portante en la losa de hormigón mas que en la capacidad de la subrasante.

Debido a la rigidez y alto modulo de elasticidad del hormigón los pavimentos rígidos basan su capacidad portante en la losa de hormigón mas que en la capacidad de la subrasante. Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos.

- Hormigón simple.
- Hormigón armado con juntas.
- Hormigón armado continuo

El pavimento de hormigón simple no contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 3.7 a 9.1 metros). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas.

Los pavimentos de hormigón armado con juntas tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.1 a 36.6 metros) y llevan armadura distribuida en la losa a los efectos de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

Los pavimentos de hormigón armado continuo tienen armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción, la armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen mas armadura que los de hormigón armado con juntas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que estas permanezcan cerradas.

Los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos, como también se los denomina, difieren de los pavimentos flexibles, primero en que poseen una resistencia considerable a la flexión y segundo que son afectados considerablemente por los cambios de temperatura. Los pavimentos de concreto están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Esfuerzos directos de compresión y corte causados por las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la flexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.

- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.

2.3. Características del pavimento rígido

Las características superficiales de los pavimentos rígidos son muy importantes, pues de ella dependerá la buena funcionalidad de la carretera, las características superficiales del pavimento son en realidad las únicas características del firme que interesan al usuario ya que de ellas depende en gran medida su seguridad y comodidad de circulación.

Entre las características y propiedades a considerar están las siguientes:

- Resistencia al deslizamiento
- Textura
- Regularidad superficial
- Permeabilidad
- Drenalidad
- Resistencia a la rodadura
- Color y propiedades ópticas reflexivas
- Resistencia al ataque de aceites y combustibles
- Limpieza
- Deterioros superficiales

Estas características influyen sobre diversos aspectos relativos a la funcionalidad de las carreteras.

- Seguridad
- Comodidad
- Gasto de explotación
- Contaminación ambiental

2.4. Composición del pavimento rígido

Un pavimento rígido esta compuesto principalmente de los siguientes elementos:

2.4.1. Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. 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 del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que esta 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 subrasante.

Entre las características de la subrasante tenemos:

Las condiciones de la subrasante serán que sea un suelo A – 2 de la clasificación AASTHO y que tenga un CBR mayor al 6%.

2.4.2. Sub-base

Es la capa de la estructura del pavimento 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 la subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar del agua, protegiendo así a la estructura del pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si este no dispone de una subrasante o sub-base adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

Entre las características de la capa base tenemos:

- Su valor soporte o CBR debe ser mayor al 50%.
- Su índice de plasticidad menor a 6.

- Su límite líquido menor a 25.
- Su límite de contracción menor al 3%.
- El tipo de suelo debe ser A – 1 o´ A – 2
- Su granulometría debe estar dentro de las franjas establecidas para este material.
- La fracción que pasa el tamiz N° 200 debe ser menor a 2/3 de lo que pasa el tamiz N° 40.
- Debe tener una expansión menor al 2%.

2.4.3. Superficie de rodadura

Es la capa superior de la estructura del pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto modulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, mas que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

Un pavimento rígido se halla constituido por un elemento estructural fundamental una losa de concreto (Hormigón). Debido a la rigidez que presenta esta losa, esta clase de pavimentos no requieren, al menos desde un punto de vista teórico, apoyarse sobre una explanada o capa de elevada capacidad de soporte. Las presiones verticales bajo las losas son muy pequeñas: las máximas no suelen superar los 0.35 Kp/cm^2 con carga interior de 6.5Tn. Sobre una losa de 20cm y son algo mayores en bordes y esquinas.

Por esta razón hasta hace algún tiempo el hormigón se vertía directamente sobre la explanada (subrasante) a menudo arcilla y sin drenaje. Esta práctica se la podría seguir realizando, en caminos agrícolas y forestales y otras vías que estén sujetas a una baja intensidad de tráfico.

No obstante, el aumento de las cargas por eje y de la intensidad del trafico pesado hace necesaria la disposición de bases y eventualmente de sub-bases para evitar el descalce por la erosión de su apoyo y formación de huecos bajo las mismas, y así como para obtener condiciones adecuadas de trabajo, en zonas donde el clima es bastante frio se tiene la necesidad de proteger ciertos suelos susceptibles a las heladas y a su penetración. En consecuencia, el pavimento rígido o de hormigón para tráficos importantes no debe limitarse únicamente a la determinación de su espesor, sino que también debe abarcar aspectos relativos a las juntas y a los elementos que rodean: sub-base y bermas.

2.5. Características del hormigón para pavimentos rígidos

El hormigón esta constituido por una mezcla uniforme de los siguientes materiales:

Cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivos. Los materiales granulares son obtenidos de fuentes naturales y deben cumplir con determinadas condiciones de granulometría.

La tecnología empleada para su elaboración es la misma que la de hormigones utilizados en edificación, aunque su resistencia suele ser mucho mayor. Por otra parte dado que los hormigones para pavimentos deben poseer el desgaste superficial a los agentes atmosféricos, etc.

2.5.1. Materiales que componen el hormigón en los pavimentos rígidos.

2.5.1.1. Componente cemento

El cemento es un conglomerante hidráulico, o sea son materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen tanto en el aire como bajo el agua.

Los cementos son materiales granulares muy finos y homogéneos, siendo aceptable su grado de uniformidad de propiedades y de su comportamiento, solo se puede conseguir mediante procesos continuos de fabricación (selección, dosificación, homogeneización de materias primas y productos intermedios, clinkerización de crudos), así como de realizaciones periódicas y frecuentes controles en cuanto a su calidad.

CUADRO 2.1. Clasificación y composición de los cementos

TIPOS DE CEMENTO			PROPORCION EN MASA			
			Componentes Principales			Componentes Adicionales
Denominación	Designación	Tipo	Clinker	Puzolana Nat.	Filler Calizo	
CEMENTO PORTLAND	Cemento Portland	I	95 - 100			0 - 5
	C.P. con Puzolana	IP	70 - 94	6 - 30		0 - 5
	C.P. con Filler Calizo	IF	80 - 94			0 - 5
Cemento Puzolanico		P	60	4		0 - 5

Fuente: Norma Boliviana IBNORCA

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados delo suelo, en acopios de no mas de siete metros (7m) de altura. Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento deberá ser la suficiente para el consumo de un día o una jornada de producción normal.

Todo cemento que tenga mas de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el supervisor del proyecto, para verificar si aun es susceptible de utilización.

2.5.1.2. Componente Materiales Pétreos

Los agregados que se vayan a utilizar deberán cumplir con las normas de elaboración del concreto: agregado grueso y agregado fino.

Estos materiales se sujetaran al tratamiento o tratamientos necesarios para cumplir con los requisitos de calidad que se indican en cada caso, debiendo el contratista prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su posterior utilización. El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados deberá hacerse de tal manera que se

eviten segregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales perjudiciales y de que se mantenga una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla.

Para controlar la calidad de los agregados, es conveniente realizar visitas a los bancos de préstamo para conocer la disposición de los agregados antes de que sean transportados a los lugares de almacenamiento o a la obra.

Los agregados necesarios para la elaboración del hormigón (arena y grava), deberán cumplir con los requisitos de las normas bolivianas CBH-87. Las características indicadas a continuación para los agregados, son las mas comunes y de mayor utilización dentro del campo de la construcción de pavimentos rígidos.

2.5.1.2.1. Grava

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia del concreto señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

CUADRO 2.2. Especificaciones – Materiales - Granulometría de la grava

MALLA		% QUE PASA
2"	50.00 mm	100
1 1/2"	37.50 mm	95 – 100
3/4"	19.00 mm	35 – 70
3/8"	9.50 mm	10 – 30
Nº4	4.75 mm	0 – 5

Referencia: CEMEX

2.5.1.2.2. Arena

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de nueve punto cincuenta y un milímetro (9.51mm) con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

CUADRO 2.3. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena

MALLA		% QUE PASA
3/8"	9,50 mm	100
Nº4	4,75 mm	95 – 100
Nº8	2,36 mm	80 - 100
Nº16	1,18 mm	50 - 85
Nº30	600 µm	25 - 60
Nº50	300 µm	10 – 30
- Nº100	150 µm	2– 10
Nº200	75 µm	4 máximo

Referencia: CEMEX

La arena deberá estar dentro de la zona que establece esta tabla excepto en los siguientes casos:

- Cuando se tenga antecedentes de comportamientos aceptables en el concreto elaborados con ellos o bien que los resultados de las pruebas realizados a estos concretos sean satisfactorios; en este caso, los agregados se pueden usar siempre que se haga el ajuste apropiado al proporcionar el concreto, para compensar las deficiencias en la granulometría.
- El porcentaje de material que pasa la malla Nº 200 esta modificado según los limites de consistencia.

2.5.1.3. Componente agua

El agua en el hormigón tiene tres funciones principales como ser:

- Hacer posible las reacciones químicas en el cemento, reaccionar con el hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir en la trabajabilidad del hormigón y lograr una correcta puesta en obra.
- Procurar la estructura de vacios necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tenga espacio para desarrollarse.

El agua que se utilice en la elaboración del concreto debe estar libre de impurezas, aceite, etc., siempre que sea posible deberá usarse agua potable, con un pH entre 4 y 7. El grado de pureza del agua para el preparado del hormigón deberá ser de buena calidad, no contener sustancias corrosivas, ni que contaminen al cemento, ni influyan en ningún proceso para la obtención de un buen hormigón.

La cantidad de agua deberá ser medida cuidadosamente para el hormigón fresco, bastante como para obtener hormigones trabajables y mínima para la obtención de hormigones compactos. Para hormigones ya endurecidos, el agua debe ser abundante y de buena calidad por su acción prolongada.

2.5.1.4. Aditivos

Los aditivos que se utilicen deben ser de fabricación reciente y antes de su empleo deben ser sometidos a pruebas de laboratorio que permitan una verificación cualitativa del comportamiento del concreto que se utilice. Los aditivos deben cumplir con las normas para la elaboración del concreto.

2.5.1.5. Hormigón del pavimento

El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya tratados, será responsabilidad del productor de concreto quien tiene la obligación de obtener la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como las características adecuadas para lograr los acabados del pavimento. Durante la construcción, la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico se hará en peso y su control durante la elaboración se hará bajo la responsabilidad exclusiva del proveedor, es conveniente que el suministro se realice por proveedores profesionales de concreto.

- **Resistencia**

La resistencia de diseño especificada a la tensión por flexión ($S'c$) o modulo de ruptura (MR) a los 28 días, se verificara en especímenes moldeados durante el colocado del concreto, correspondientes a vigas estándar de quince por quince por cincuenta (15 x 15 x 50) centímetros, compactando el concreto por vibro compresión y una vez curados

adecuadamente, se ensayaran a los 3, 7 y 28 días aplicando las cargas en los tercios del claro.

Se deberán tomar muestras de concreto para hacer especímenes de prueba para determinar la resistencia a la flexión durante el colocado del concreto.

- **Trabajabilidad**

El revenimiento promedio de la mezcla de hormigón deberá especificarse de acuerdo con el procedimiento de colocación a utilizar:

- Para tendido con Cimbra Deslizante deberá ser de cinco centímetros (5cm) mas – menos uno punto cinco centímetros (1.5 cm) al momento de su colocación.
- Para colocados con cimbra fija deberá ser de diez centímetros (10 cm) mas – menos dos centímetros (2 cm) al momento de su colocación.

Las mezclas que no cumplan con este requisito deberán ser destinadas a otras obras de hormigón como cunetas y drenajes, y no se permitirá su colocación para la losa de hormigón.

El hormigón deberá ser uniforme plástico, cohesivo y manejable. El hormigón trabajable es definido como aquel que puede ser colocado sin que se produzcan demasiados vacios en su interior y en la superficie del pavimento, así como el que no presente una apariencia pastosa. Cuando aparezca agua en la superficie del hormigón en cantidades excesivas después del acabado se deberá efectuar inmediatamente una corrección por medio de una o más de las siguientes medidas:

- Rediseño de la mezcla
- Adición de relleno mineral o de agregados finos
- Incremento del contenido de cemento
- Uso de un aditivo inclusor de aire o equivalente, previamente aprobado.

2.5.1.6. Curado del hormigón

Es una de las operaciones más importantes en la ejecución del hormigón por la influencia decisiva que tiene en la resistencia.

Durante el proceso de fraguado y primeros días de endurecimiento, se producen pérdidas de agua creándose una serie de huecos o capilares en el hormigón que disminuyen su resistencia. Para compensar estas pérdidas y permitir que se desarrollen nuevos procesos de hidratación con aumento de resistencias, el hormigón debe curarse con abundante agua.

En el caso de los pavimentos por tener grandes superficies, el curado por aportación de humedad se sustituye a menudo por el empleo de productos de curado que protegen la superficie del hormigón e impiden la evaporación del agua interna del mismo.

2.5.1.7. Acero de refuerzo

El acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento se utiliza en las juntas, ya sea como pasadores de cortante o pasa-juntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos.

- **Barras de amarre**

En las juntas que muestre el proyecto y/o en los sitios que indique el especificador del proyecto, se colocaran barras de amarre con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las losas en el sentido perpendicular al de circulación. Las barras de amarre serán de varilla corrugada, de acero estructural con límite de fluencia (f_y) de cuatro mil doscientos kilogramos por centímetro cuadrado (4200 Kg/cm²), debiendo quedar ahogadas en las losas, con las dimensiones y en la posición indicada en el proyecto. Estas barras siempre deberán estar colocadas a la mitad del espesor del pavimento.

- **Barras pasa-juntas**

En las juntas transversales de contracción, en las juntas de construcción, en las juntas de emergencia y/o en los sitios que indique el Supervisor del proyecto se colocaran barras pasa-juntas como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga

entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo liso y deberán quedar ahogadas en las losas, en la posición y con las dimensiones indicadas por el proyecto.

Estas barras deberán estar perfectamente alineadas con el sentido longitudinal del pavimento y con su plano horizontal, colocándose a la mitad del espesor de la losa. Ambos extremos de las pasa-juntas deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. El acero deberá cumplir con la norma ASTM A 615 Grado 60 ($f_y=4200\text{Kg/cm}^2$), y deberá ser recubierta con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio que impida efectivamente la adherencia del acero con el hormigón y que sea aprobado por el especificador del proyecto.

Las pasa-juntas podrán ser instaladas en la posición indicada en el proyecto por medios mecánicos, o bien por medio de la instalación de canastas metálicas de sujeción. Las canastas de sujeción deberán asegurar las pasa-juntas en la posición correcta como se indica en el proyecto durante el colocado y acabado del hormigón, mas no deberán impedir el movimiento longitudinal de la misma.

2.5.1.8. Sellador para juntas

El material sellante para las juntas transversales y longitudinales deberá ser elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el hormigón y que permita las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas de hormigón sin degradarse, debiéndose emplear productos a base de silicona, poliuretano – asfalto o similares, los cuales deberán ser auto nivelantes, de un solo componente y solidificarse a temperatura ambiente.

A menos de que se especifique lo contrario, el material para el sellado de juntas deberá cumplir con los requerimientos aquí indicados. El material se deberá adherir a los lados de la junta o grieta en el hormigón y deberá formar un sello efectivo contra la filtración de agua o incrustación de materiales incompresibles. En ningún caso se podrá emplear algún material sellador no autorizado por el especificador.

Para todas las juntas de la losa de hormigón se deberá emplear un sellador de silicón o similar de bajo modulo auto nivelable. Este sellador deberá ser un compuesto de un solo componente

sin requerir la adición de un catalizador para su curado. El sellador deberá presentar fluidez suficiente para auto nivelarse y no requerir de formado adicional, adicionalmente se deberá colocar respetando el factor de forma (altura de silicón / ancho del silicón en el deposito) mismo que deberá proporcionar o recomendar el fabricante del sellador.

La tirilla de respaldo a emplear deberá impedir efectivamente la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta. La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno y de las dimensiones indicadas en los documentos de construcción. La tirilla de respaldo deberá ser compatible con el sellador de silicón a emplear y no se deberá presentar adhesión alguna entre el silicón y la tirilla de respaldo. Se denomina pasa-juntas, a una barra de acero redondo liso $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$ lo cual no se debe adherir al hormigón permitiendo el libre movimiento de losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa. El diámetro, longitud y separación de las pasa-juntas esta en función del espesor de las losas principalmente.

2.5.2. Comportamiento del pavimentos rígidos

El comportamiento de un pavimento puede definirse como la capacidad estructural o funcional medible a lo largo de su periodo de diseño. El público usuario le asigna valores subjetivos de acuerdo a su calidad de rodadura, seguridad, aspecto y conveniencia.

La capacidad funcional comprende:

- Calidad aceptable de rodadura
- Adecuada fricción superficial
- Geometría apropiada para seguridad
 - Aspecto estético

La capacidad estructural del pavimento implica soportar las cargas impuestas por el transito y las condiciones ambientales.

La capacidad estructural y funcional está íntimamente relacionada. En efecto, un deterioro estructural de un pavimento se manifiesta por una disminución de su capacidad funcional ya que hay un incremento en rugosidad, ruido y es un riesgo para los vehículos y ocupantes que

lo transiten. No obstante hay otro tipo de fallas estructurales que pueden progresar sin que los usuarios lo noten hasta etapas muy avanzadas. También puede haber una pérdida de capacidad funcional sin que esto implique pérdida de capacidad estructural

2.5.2.1. Comportamiento del Pavimento Rígido en climas cálidos

La temperatura de servicio de un pavimento en ambientes cálidos elevados afecta desfavorablemente la resistencia del pavimento debido a que la mezcla presenta un comportamiento muy viscoso y por las cargas de tráfico que son muy seguidas por la importancia de la Avenida Bolívar de la Ciudad de Bermejo.

El clima de la Ciudad de Bermejo es cálido por lo que afecta más que todo a las juntas ya que estas cuentan de un material asfáltico que por el tránsito y el clima se van disolviendo con el transcurrir del tiempo.



Fig. 2.2 Juntas de dilatación en climas cálidos

2.6. Fallas y deterioros en los pavimentos

A continuación se presentan las siguientes fallas que pueden presentarse en los pavimentos rígidos.

Fisuras

Las fisuras se clasifican en:

- Fisura transversal o diagonal
- Fisura longitudinal
- Fisura de esquina
- Losas subdivididas
- Fisuras en bloque
- Fisuras inducidas

Deformaciones en los pavimentos rígidos.

Las deformaciones en los pavimentos rígidos se clasifican en:

- Levantamiento de losas
- Dislocamiento
- Hundimiento

Desintegración en los pavimentos rígidos.

La desintegración en los pavimentos rígidos se clasifican en:

- Descascaramiento
- Pulimento de la superficie
- Peladuras
- Bache

Deficiencia de juntas en los pavimentos rígidos.

Las deficiencias de juntas en los pavimentos rígidos se clasifican en:

- Deficiencia en material de sello
- Despostillamiento

Deficiencias en los pavimentos rígidos.

Las deficiencias en los pavimentos rígidos se clasifican en:

- Fisuras por mal funcionamiento por juntas.

Otros deterioros en los pavimentos rígidos.

Estos se clasifican en:

- Parchados y reparaciones para servicios públicos.

Todas estas fallas que son visibles tienen lugar en los pavimentos como resultado de las interacciones complejas de diseño, construcción, materiales, tránsito, medio ambiente y procedimientos de mantenimientos. Las fallas que se hayan presentado en el pavimento deben ser cuantificadas de acuerdo a estos parámetros:

- Tipo
- Severidad
- Cantidad

2.6.1. Fisuras

2.6.1.1. Fisura transversal o diagonal

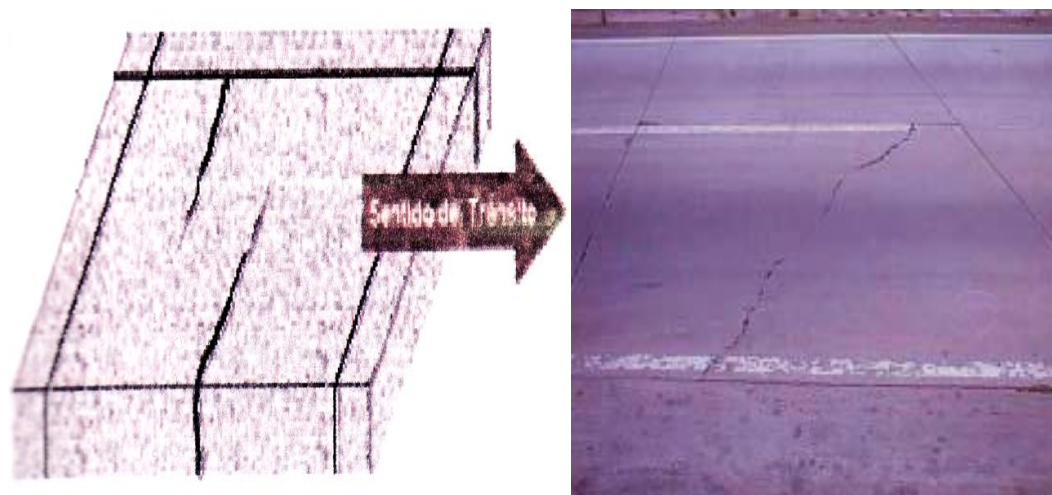


Fig. 2.3 Fisura transversal

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

- Excesivas repeticiones de cargas pesadas.
- Deficiente apoyo de las losas.
- Asentamiento de la fundación.
- Ausencia de juntas transversales o bien excesiva relación: longitud/ancho de la losa.
- Variaciones en el espesor de las losas.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de Despostillamiento o dislocamiento menor de 10 mm.

M (Media)

- Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras de 10 mm de ancho con Despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alta)

- Fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Medición

- En metros lineales (ml), totalizando metros lineales en sección o muestra.

- Registrándola por losa, totalizando el número de losas afectadas por fisuras transversales.
- Si existen dos fisuras en una sola losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

2.6.1.2. Fisura Longitudinal



Fig. 2.4 Fisura Longitudinal

Descripción

- Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera.

Posibles Causas

- Excesivas repeticiones de cargas pesadas.
- Pérdida de soporte de la fundación.
- Cambios de temperatura y humedad.
- Ausencia de juntas longitudinales y losas; relación de ancho / longitud excesivas.
- Deficiencias en la ejecución de estas y/o sus juntas longitudinales.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio de 3mm.

- Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.

M (Media)

- Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras de 10 mm de ancho con Despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o Despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alta)

- Fisuras activas de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas, con Despostillamiento severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.

Medición

- En metros lineales (ml), totalizando metros lineales en sección o muestra.
- En términos de numero de losas afectadas, totalizando el numero de estas que evidencien fisuras longitudinales.
- Si existen dos fisuras en una sola losa, se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

2.6.1.3. Fisura de esquina

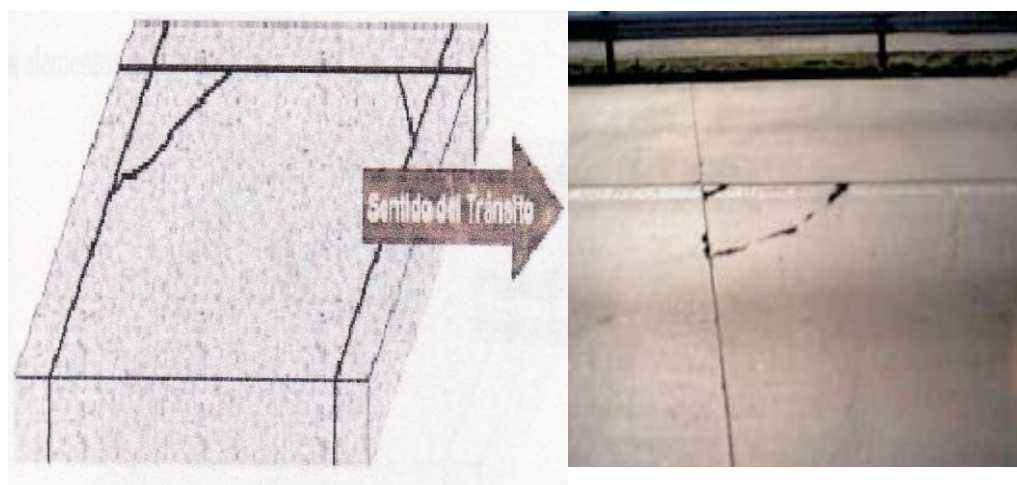


Fig. 2.5 Fisura de esquina

Descripción

- Es una fisura que intercepta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina.

Posibles Causas

- Repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación.
- Por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta.
- Sobrecargas en las esquinas.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- El fracturamiento es definido por una fisura de severidad baja y el área entre esta y las juntas no se encuentra fisurado o bien hay alguna pequeña fisura.

M (Media)

- El fracturamiento es definido por una fisura de severidad moderada y el área entre esta y las juntas se encuentra medianamente fisurada.

A (Alta)

- El fracturamiento es definido por una fisura de severidad alta y el área entre esta y las juntas se encuentra muy fisurada o presenta hundimientos.

Medición

- Las fisuras de esquina son medidas contando el número total que existe en una sección o muestra, generalmente en término de número de losas afectadas por una o más fisuras de esquina.
- También puede medirse en metros lineales (ml), totalizando metros lineales en la sección o muestra evaluada.

2.6.1.4. Losas Subdivididas

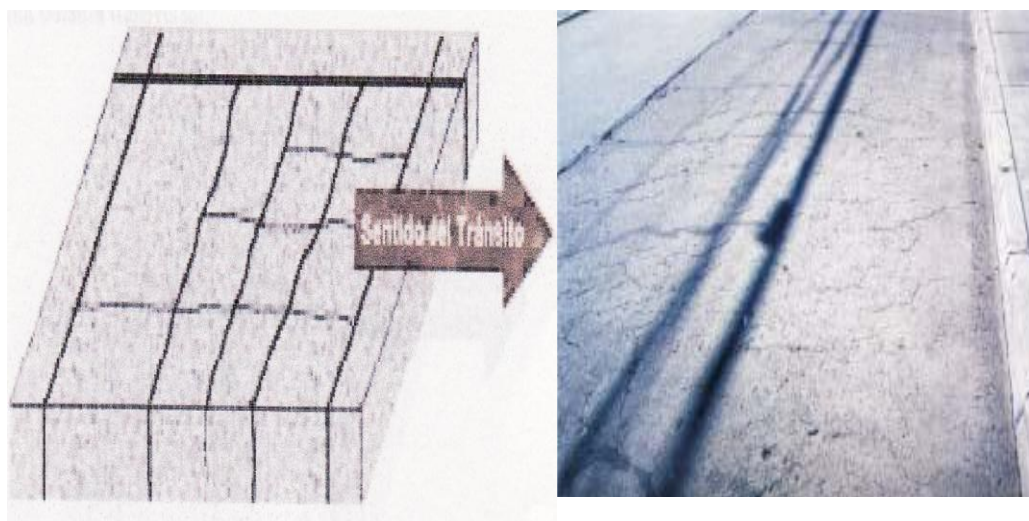


Fig. 2.6 Losas subdivididas

Descripción

- Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

Posibles Causas

- Repetición de elevadas cargas de tránsito.
- Deficiente soporte de la fundación.
- Capacidad de soporte deficiente de la losa.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Si el número de paños en que se divide una losa es de 4 o 5.

M (Media)

- Si el número de paños en que se divide una losa es de 6 a 8.

A (Alta)

- Si el número de paños en que se divide una losa es mayor a 8.

Medición

- Se miden contando la cantidad total que existe en una sección muestra, en términos del número de losas afectadas según su severidad. Si se registro como de severidad mediana a alta, no se cuenta otros daños que pudieran evidenciar la losa. El registro se lleva separadamente para cada nivel de severidad.

2.6.1.5. Fisuras en Bloque

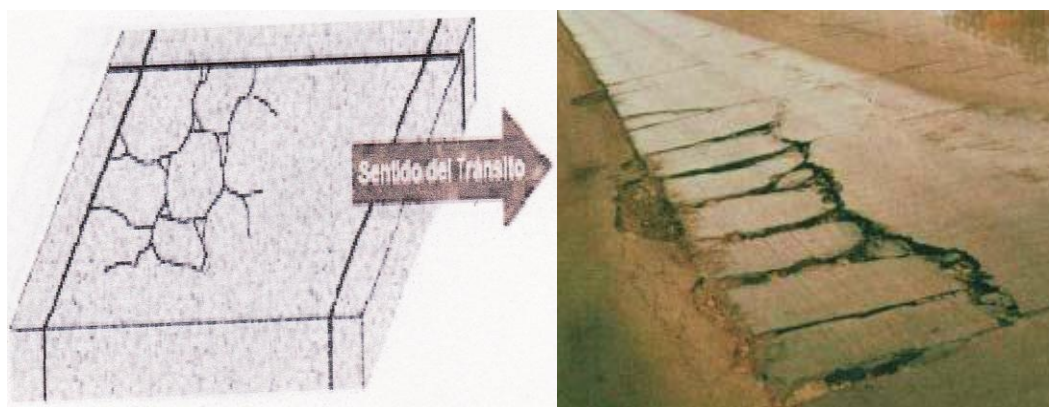


Fig. 2.7 Fisuras en Bloque

Descripción

- Fracturamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloques pequeños de área inferior a 1 metro cuadrado.

Posibles Causas

- Repetición de cargas pesadas.
- El equivocado diseño estructural.
- Las condiciones de soporte deficiente.
- Es la evolución final del proceso de fisuración.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Bloques definidos por fisuras de severidad baja; los planos relativamente amplios y se mantienen ligados.

M (Media)

- Bloques definidos por fisuras de severidad moderada; los planos son mas pequeños evidenciándose un moderado despostillamiento de los bordes de las fisuras.

A (Alta)

- Bloques definidos por fisuras de severidad alta; los planos son mas pequeños evidenciándose un severo Despostillamiento de los bordes de las fisuras, con tendencia a formar bache.

Medición

- En metros cuadrados (m^2), totalizando metros cuadrados en la sección o muestra.
- En términos de cantidad de losas afectadas totalizando el número en la sección o muestra; de existir en una misma losa dos manifestaciones se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante. En ambos casos se registran separadamente las fallas según su severidad.

2.6.1.6. Fisuras Inducidas



Fig. 2.8 Fisuras inducidas

Descripción

- Son un conjunto de fisuras de forma errática cuyo desarrollo en el pavimento es indicado por factores relativos a una inadecuada distribución de juntas o inapropiada inserción de estructuras u otros elementos dentro de las losas.

Posibles Causas

- Cuando el arreglo de juntas en un carril no es respetado en el carril continuo.
- Cuando se ejecutan parchados y el diseño de sus bordes o juntas, sus dimensionamientos o inclusive distancias mínimas o juntas existentes, no son respetadas.
- Fisuras alrededor de estructuras pueden inducirse cuando no se proveen elementos de aislamiento que eviten restricción en el movimiento de las losas.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm.
- Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria.
- No hay signos visibles de Despostillamiento o dislocamiento.

M (Media)

- Fisuras de ancho promedio entre 3 y 10 mm.
- Fisuras selladas, de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria.
- No hay signos visibles de despostillamiento o dislocamiento menor de 10 mm.

A (Alta)

- Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras selladas o no, con Despostillamiento severo o dislocamiento mayor de 10 mm.

Medición

- En metros lineales (ml), totalizando metros lineales en la sección o muestra.

- Registrándola por losa, totalizando el número de losas afectadas por “fisuras inducidas”.

2.6.2. Deformaciones

2.6.2.1. Levantamiento de Losas

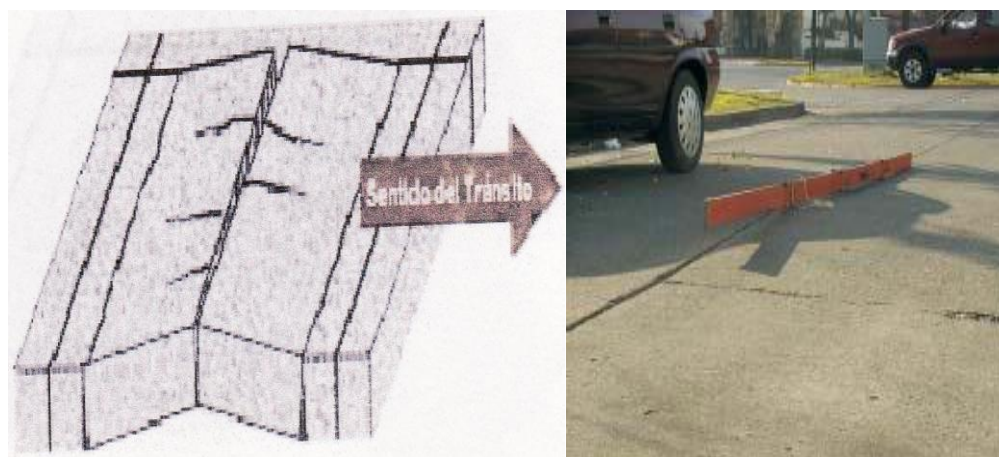


Fig. 2.9 Levantamiento de Losas

Descripción

- Elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas continuas a una junta o fisura transversal.

Posibles Causas

- Por falta de libertad de expansión de las losas de concreto.
- En pavimentos con barras de traspaso de cargas, la mala colocación de estos elementos.
- Presencia de un estrato de suelos expansivos a poca profundidad.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio.

M (Media)

- Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación.

A (Alta)

- El levantamiento causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad o riesgo para la seguridad o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad.

Medición

Se miden contando y registrando separadamente según su severidad, en general en términos de la cantidad existente de losas afectadas en una sección o muestra:

- Levantamiento en fisura cuenta como una losa afectada.
- Levantamiento en juntas se cuenta como dos losas afectadas.

2.6.2.2. Dislocamiento

Fig.2.10 Dislocamiento

Descripción

- Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

Posibles Causas

- Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa.
- Por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación.
- Cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de concreto y de una deficiente transferencia de cargas entre juntas.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Diferencia de nivel de 3 a 10 mm.

M (Media)

- Diferencia de nivel de 10 a 20 mm.

A (Alta)

- Diferencia de nivel mayor de 20 mm.

Medición

- Se miden contando y registrando separadamente según su severidad.
- El desplazamiento a través de una junta, se cuenta como una losa.
- El desplazamiento a través de una grieta es una falla combinada; no se computa como desplazamiento pero se considera al definir la severidad de la grieta.
- La medición se efectúa a una distancia de 0.30 a 0.50 metros del borde externo de las losas.

2.6.2.3. Hundimiento

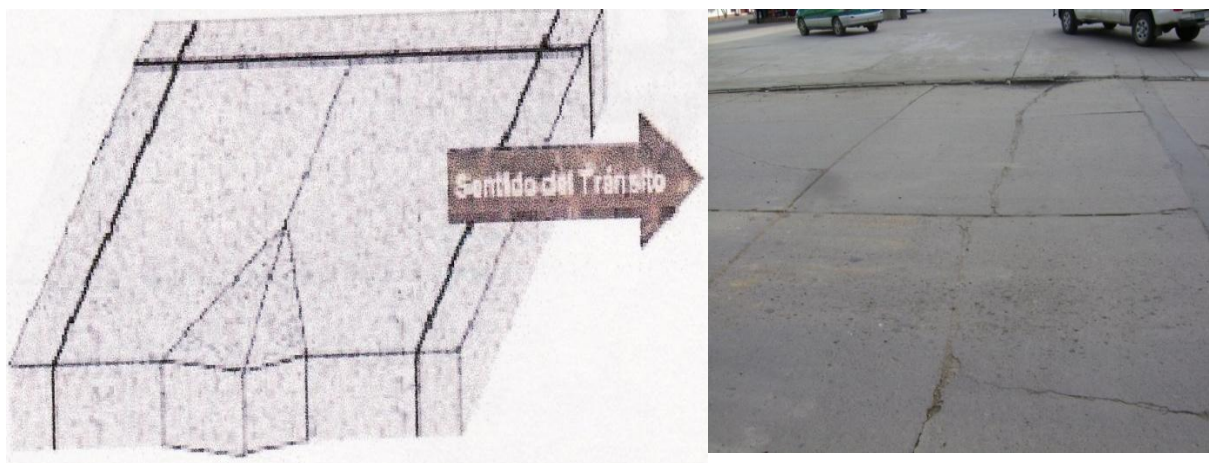


Fig. 2.11 Hundimiento

Descripción

- Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento.

Posibles Causas

- Puede ocurrir cuando se produce asentamiento o consolidación en la subrasante.
- En zonas contiguas a una estructura de drenaje o de retención donde puede ocurrir el asentamiento del material de relleno por deficiente compactación inicial o bien por movimiento de la propia estructura.
- También pueden ser originadas por deficiencias durante el proceso de construcción de las losas.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- El hundimiento causa al vehículo un balanceo o salto característico, sin generar incomodidad.

M (Media)

- El hundimiento causa a los vehículos un significativo salto o balanceo, que genera incomodidad.

A (Alta)

- El hundimiento causa un excesivo salto que provoca una pérdida de control de los vehículos, siendo necesario recurrir a una reducción de velocidad.

Medición

Los hundimientos se miden contando y registrando separadamente según su severidad, la cantidad existente en una sección o muestra. Los resultados pueden computarse sobre la base de:

- Los metros cuadrados afectados.
- El número de losas afectadas.
- Simplemente el número de daños observados.

2.6.3. Desintegraciones

2.6.3.1. Descascaramiento y fisuras capilares

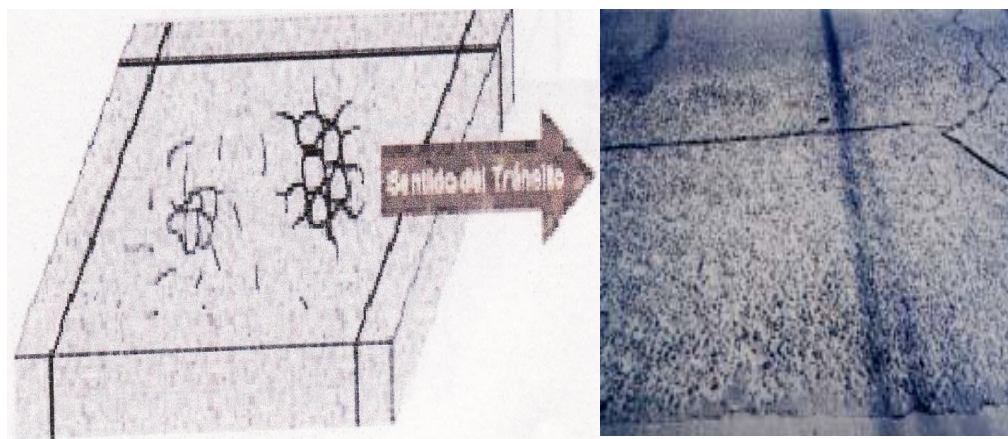


Fig. 2.12 Descascaramiento

Descripción

- Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras

capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto.

Posibles Causas

- Exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua.
- Pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie.
- Cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Fisuras capilares se extienden sobre toda la losa; la superficie se encuentra en buena condición sin descascaramiento.

M (Media)

- La losa evidencia descascaramiento, pero estas son de reducida área, afectando menos del 10 % de la losa.

A (Alta)

- La losa evidencia descascaramiento en áreas significativas, afectando más del 10 % de la losa.

Medición

- Se miden en términos de número de losas afectadas.
- Una vez identificada la severidad de la falla se registra como una losa, con su nivel de severidad correspondiente.
- Se totaliza el número de losas afectadas en la muestra o sección, para cada nivel de severidad.

2.6.3.2. Pulimiento de la superficie

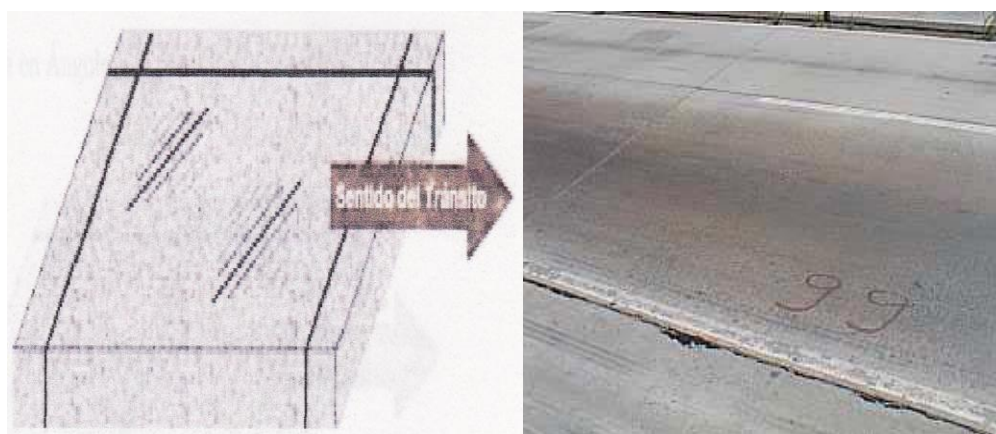


Fig. 2.13 Pulimiento de la Superficie

Descripción

- Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.

Posibles Causas

- Causada principalmente por el tránsito, el mismo que produce el desgaste superficial de los agregados de naturaleza degradable, particularmente cuando el concreto es de calidad pobre y favorece la exposición de los mismos.
- Cuando el agregado en la superficie llega a ser muy suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se reduce considerablemente.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- No se definen niveles de severidad. El grado de pulimiento de la superficie debe ser significativo para ser informado.

M (Media)

- No se definen niveles de severidad. El grado de pulimiento de la superficie debe ser significativo para ser informado.

A (Alta)

- No se definen niveles de severidad. El grado de pulimiento de la superficie debe ser significativo para ser informado.

Medición

- De ser necesario puede medirse en metros cuadrados de superficie afectada.

2.6.3.3. Peladuras

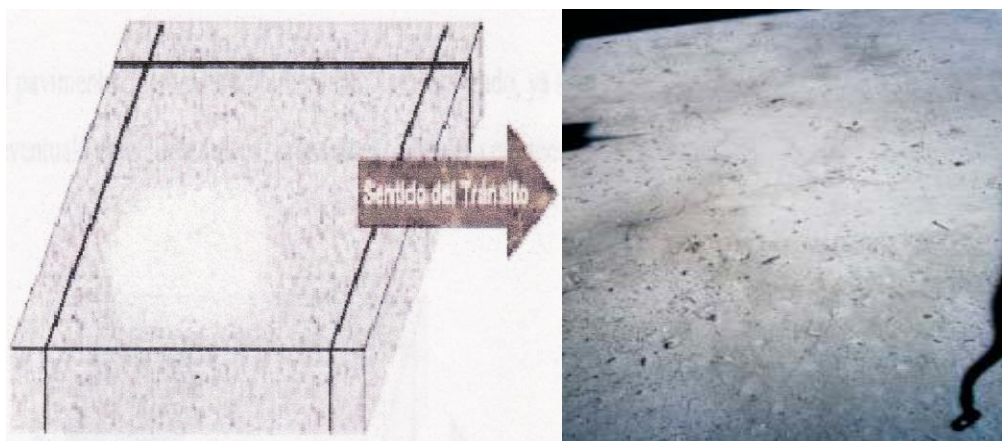


Fig. 2.14 Peladuras

Descripción

- Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

Posibles Causas

- Por el efecto abrasivo del tránsito sobre concreto de calidad pobre.
- Por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría).
- Deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Pequeñas peladuras muy superficiales, puntuales o concentradas en pequeñas áreas, como remiendos.

M (Media)

- Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.

A (Alta)

- Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie muy rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

Medición

- Se miden en términos de losas afectadas.
- Una vez identificada la severidad de la falla, se registra como una losa con su grado de severidad correspondiente.
- Se totaliza el número de losas afectadas en la muestra o sección para cada nivel de severidad.

2.6.3.4. Baches

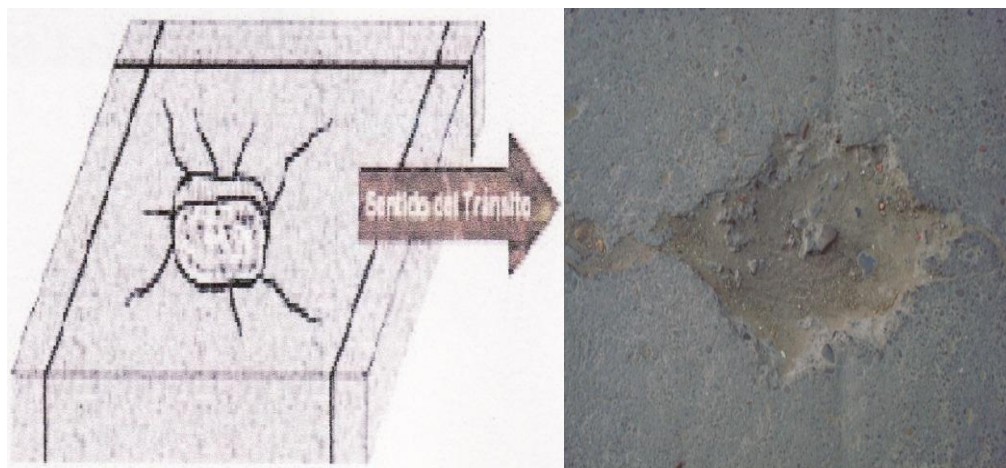


Fig.2.15 Baches

Descripción

- Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

Posibles Causas

- Fundaciones y capas inferiores inestables.
- Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
- Defectos constructivos.
- Retención de aguas en zonas hundidas o fisuradas.
- La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Profundidad de afectación menor o igual que 25 mm.

M (Media)

- Profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm.

A (Alta)

- Profundidad de afectación mayor que 50 mm.

Medición

- Contando el número de baches por cada nivel de severidad y registrando estos separadamente.
- Computando estos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

2.6.4. Deficiencia de juntas

2.6.4.1. Deficiencias en el material de sello



Fig. 2.16 Deficiencia en el material de sello

Descripción

- Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incomprensible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o despostillamiento de juntas.

Posibles Causas

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

Nivel de Severidad

B (Baja)

- El material de sello se encuentra en general en buena condición en toda la sección o muestra evaluada; pueden presentarse, pero solo en cantidad reducida, algunos de los

defectos arriba indicados, pero no existe riesgo de infiltración de material incompresible.

M (Media)

- El material de sello se encuentra en general en condición regular, en toda la sección o muestra; uno o mas defectos de la relación arriba indicados ocurren en grado moderado; el material de sello necesita ser remplazado en un periodo de dos años.

A (Alta)

- El material de sello se encuentra en general en condición pobre, o bien no existe; en toda la sección o muestra, uno o mas defectos de la relación arriba indicados ocurren con grado de severidad alto, las juntas requieren ser selladas o reselladas a la brevedad.

Medición

- Las deficiencias de material de sello no se contabilizan de losa en losa.
- La calificación asignada se refiere a la condición del material de sello en toda el área.
- Se tomara la longitud en metros de la junta afectada por placa, especificando el nivel de severidad del daño.

2.6.4.2. Despostillamiento

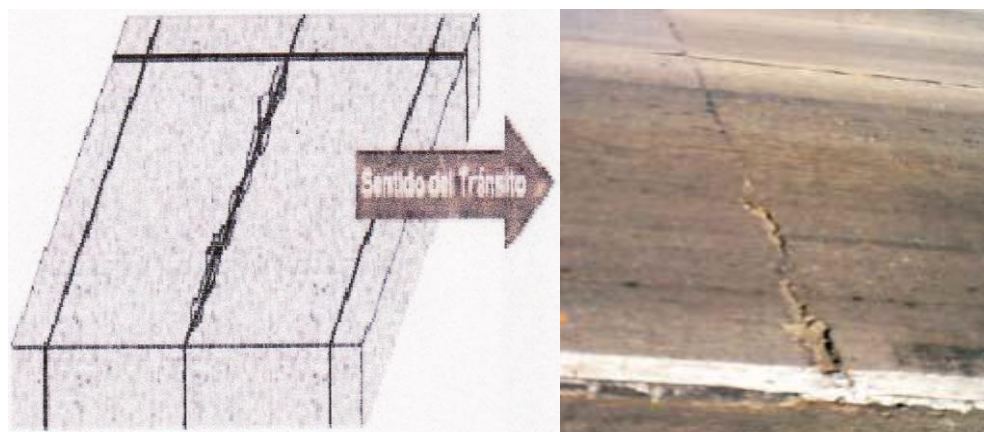


Fig. 2.17 Despostillamiento

Descripción

- Rotura fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende mas allá de esa distancia. Además no se extiende verticalmente a través de la losa sino que interceptan la junta en Angulo.

Posibles Causas

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a defectos constructivos.
- Desintegración del concreto, por mala calidad del material.
- Infiltración de materiales incompresibles en las juntas.
- Mal procedimiento de corte de la junta.
- Deficiente diseño o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 8 cm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen bien firmes, aunque ocasionalmente algún pequeño trozo puede faltar.

M (Media)

- Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en mas de 8 cm a cada lado de la misma, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; algunos o todos los trozos pueden faltar, pero se profundidad es menor de 25 mm.

A (Alta)

- Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en mas de 8 cm a cada lado de la misma, las piezas o trozos han sido removidos por el transito y tienen una profundidad mayor de 25 mm.

Medición

- Se toma la longitud en metros de la junta afectada.
- Si afecta un solo borde de la losa se controla como una losa con despostillamiento.

- Si ocurre a cada lado de la junta, afectando dos losas adyacentes, se registra como dos losas.
- Si se observa en más de un borde de la misma losa se registra como una losa indicando el nivel de severidad.

2.6.4.3. Fisuras por mal funcionamiento de juntas



Fig. 2.18 Fisuras por mal funcionamiento de juntas

Descripción

- Fisuras sinuosas aproximadamente paralelas a la junta, en algunos casos transversalmente y en forma de arcos erráticos, localizados muy próximas a las mismas.

Posibles Causas

- La falta de verticalidad y la inadecuada inserción de los elementos empleados para inducir el corte de la junta.
- La colocación de barras pasadores mal alineados.
- El empleo de barras de insuficiente diámetro o longitud, o bien la corrosión de estas.
- Excesiva disturbacion durante la ejecución de las juntas.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- Fisuras finas bien delgadas, de ancho menos de 3 mm.

- Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento o dislocamiento.

M (Media)

- Fisuras de ancho promedio de 3 a 10 mm.
- Fisuras hasta 10 mm con despostillamiento o dislocamiento hasta 10 mm.
- Por despostillamiento, el área entre la fisura y la junta ha comenzado a fracturarse.

A (Alta)

- Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm.
- Fisuras, selladas o no, con despostillamiento o dislocamiento mayor de 10 mm.
- El área entre las fisuras y la junta presentan pequeños trozos sueltos o removidos por el tránsito.

Medición

- Una vez identificada la severidad del daño, se mide contabilizando el número existente en una muestra o sección, en términos de juntas afectadas. Se totaliza el número de juntas que presentan este daño para cada nivel de severidad

2.6.5. Otros Deterioros

2.6.5.1. Parchados y reparaciones para servicios públicos



Fig. 2.19 Parchados y reparaciones

Descripción

- Un parche es un área donde el pavimento original a sido removido y remplazado, con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente.

Posibles Causas

- En los parches asfálticos, la capacidad estructural del parche es insuficiente o fue mal construido.
- Reemplazo por nuevas losas de hormigón de espesor similar al existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.
- Retracción de fraguado del hormigón del parche que lo despega del antiguo.

Nivel de Severidad

B (Baja)

- El parche esta en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.

M (Media)

- El parche presenta daños de severidad baja o media o deficiencias en los bordes.

A (Alta)

- Cuando se encuentran con deterioro avanzado y requiere ser reparado o remplazado.

Medición

- Determinar el numero de parches y la superficie en metros cuadrados del área del parche para cada nivel de severidad y por placa; indicar por separado los parches de asfalto o concreto.

3.1. Introducción

El deterioro de los pavimentos de hormigón construidos en nuestro país durante los últimos años es el punto de partida de este estudio que busca contribuir a la solución de un problema tan importante de la infraestructura vial. Entonces, por esta razón proponemos una metodología para evaluar la acción de diversos factores que inciden en la durabilidad de las estructuras, con el objeto de que los resultados que se desprendan de su aplicación se tomen en cuenta al formular las especificaciones de diseño y construcción de nuevas carreteras.

Durante los últimos años, la red carretera del país se ha ido modernizando. Como consecuencia de ello, se utilizan cada vez más los pavimentos de hormigón (simple, rehabilitado o reforzado con pasa juntas). Como por ejemplo en el tramo de Villa Abecia - Camargo, que se hicieron varios kilómetros de este tipo de material. Sin embargo las especificaciones de diseño y construcción que se aplican no contemplan, por lo general, la acción del ambiente sobre los pavimentos, ni consideran los tipos de suelo que existen en el lugar y que podrían en ambos casos afectar su durabilidad.

En este trabajo se presenta una propuesta de metodología de evaluación con base en criterios de durabilidad que se elaboro a partir del análisis del estado de deterioro que guardan los pavimentos de hormigón construidos en Bermejo.

3.2. Evaluación superficial de pavimentos

El deterioro de los pavimentos de hormigón construidos en nuestro país durante los últimos años es el punto de partida de este estudio que busca contribuir a la solución de un problema tan importante de la infraestructura vial. Entonces, por esta razón proponemos una metodología para evaluar la acción de diversos factores que inciden en la durabilidad de las estructuras, con el objeto de que los resultados que se desprendan de su aplicación se tomen en cuenta al formular las especificaciones de diseño y construcción de nuevas carreteras.

Durante los últimos años, la red carretera del país se ha ido modernizando. Como consecuencia de ello, se utilizan cada vez más los pavimentos de hormigón (simple, rehabilitado o reforzado con pasa juntas).

En este trabajo se presenta una propuesta de metodología de evaluación con base en criterios de durabilidad que se elaboro a partir del análisis del estado de deterioro que guardan los pavimentos de concreto construidos en Bermejo.

3.3. Parámetros de medición para la evaluación de pavimentos.

Los parámetros mas importantes que debemos tomar en cuenta para la medición de las fallas, son los siguientes:

- Numero de juntas afectadas.
- Numero de losas afectadas.
- Deformaciones verticales y longitudinales (m^2 /espesor mm).
- Medidas en longitudes de fisuras (m).
- Medidas en áreas de deterioros (m^2).

3.3.1. Medidas por número de juntas afectadas.

Las fallas medidas por numero de juntas afectadas son fisuras sinuosas aproximadamente paralelas a las junta en algunos casos transversales y en forma de arcos erráticos localizados muy próximos a las mismas; las fallas en las juntas se deben a diversos factores como ser: una falta de verticalidad por una inadecuada inspección de los elementos empleados para inducir cortes en las juntas, cortes poco profundos, excesiva disturbacion durante la ejecución de las juntas, y por otros factores que ya se mencionaron anteriormente en el capítulo II.

Identificada la severidad del daño del deterioro, esta puede ser medida en términos de número de juntas afectadas totalizándolos para cada nivel de severidad. Dentro de estas podemos tomar en cuenta a dos tipos de fallas o deterioros: fisuras por mal funcionamiento de junta, por mal colocado de pasadores, escalonamiento de juntas y grietas o dislocamiento.

3.3.2. Medidas en términos de número de losas afectadas.

Las fallas medidas en términos de número de losas afectadas, están referidas a desintegraciones de las losas por pérdida de material fino, a grietas muy cercanas en forma de un cuarto de luna, al levantamiento o sobre elevación abrupta de la superficie del pavimento, a roturas fracturaciones o desintegraciones de los bordes de las losas dentro de los 0.6 metros de una junta o una esquina, a fracturas de la losa que ocurre paralela, perpendicular o formando un ángulo con respecto al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos o mas planos. Estas fallas mencionadas se deben a diversos factores o causas como ser: la repetición de cargas pesadas (fatiga), la deficiente transferencia de cargas entre losas, la contracción por secado del hormigón, la pérdida de soporte en la fundación, las gradientes de temperatura originadas por cambio de temperatura y humedad, la construcción inadecuada de juntas longitudinales o transversales o por la ausencia de las mismas, el deficiente apoyo de las losas, deficiente ejecución de las losas, la mala dosificación y otras causas.

Identificada la severidad de la falla o fisura, esta puede ser medida en términos del número total que existen en una sección o muestra generalmente en términos de número de losas afectadas por fisuras longitudinales para cada nivel de severidad. Si existen dos o más fisuras en una misma losa se adoptan el nivel de severidad de la correspondiente fisura predominante o desfavorable. Este método de medición podemos aplicar a las fallas encontradas en los tramos estudiados.

3.3.3. Medidas en deformaciones verticales y longitudinales

Las fallas medidas en deformaciones verticales y longitudinales están referidas a un desnivel entre dos superficies de pavimento, a diferencia de altura entre el borde externo del pavimento y la berma; estas fallas mencionadas se deben a diversos factores o causas como: la falta de libertad en las proximidades en las juntas, cuando las fuerzas no son perpendiculares al plano de la junta o son excéntricas a la sección de la misma, por las variaciones térmicas, cuando la relación entre la longitud y/o ancho es excesiva, por la deficiente transferencia de cargas, o el ascenso de material

suelto, la disminución del soporte de fundación, por cambios de volúmenes en el material base originando un asentamiento diferencial, por drenaje insuficiente, la erosión de la base en inmediaciones de la junta.

Determinar el número de grieta o juntas indicando la altura en mm del desnivel de cada una de ellas medidas mediante mediciones distanciadas a no más del ancho de la calzada. Se debe indicar también el número total de juntas en el tramo estudiado; estas se miden contando separadamente las fallas según el grado de severidad que tenga las juntas para poder ayudarnos con el desnivel que presenten las losas, se realiza con una moneda de espesor de 0.20 mm.

3.3.4. Medidas en longitudes de fisuras (m).

Las fallas medidas en longitudes de fisuras están referidas a la desintegración de la arista de una junta longitudinal o transversal o una grieta, a aberturas en la junta longitudinal del pavimento, a fracturas de la losa que ocurren en forma paralela. Perpendicular o formando un ángulo con respecto al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos o más planos, a la expulsión de agua mezclada con suelos finos a través de las juntas grietas del borde externo del pavimento. Estas fallas mencionadas se deben a diversos factores o causas como el debilitamiento de los bordes de la junta, la penetración de material incompresible en junta o grietas, por la ausencia de barras de acero entre pistas de amarre, el asentamiento diferencial de la subrasante, por repetición de grietas (fatiga), la pérdida de soporte en la fundación, por gradiente de tensiones originadas por los cambios de temperatura y humedad, por movimiento en la subrasante por material expansivo, por mal construcción de juntas transversales o longitudinales o por la ausencia de juntas, por la relación de ancho longitud excesiva y otros factores ya mencionados anteriormente en el capítulo II.

Identificada la severidad de la fisura, junta o grieta, esta puede ser medida totalizando los metros lineales en sección o muestra evaluada. Si existen dos fisuras en una misma losa se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante.

3.3.5. Medidas en áreas de deterioros (m²).

Las fallas medidas en áreas de deterioro están referidas al sellado deficiente o a la ausencia de material de sello, a grietas capilares o fisuras limitadas solo en la superficie, a la desintegración o pulimiento de la superficie quedando el agregado grueso expuesto, a la descomposición o desintegración de la losa de concreto, a la extracción y remplazado del pavimento en área no superior a 0.1 m² o a la losa completa, a la carencia o pérdida de textura superficial, al fracturamiento de la losa de concreto, al agrietamiento de la caracterizado por grietas finas muy cercanas. Estas fallas mencionadas se deben a diversos factores o causas como: el envejecimiento, despegado o pérdida de adherencia de las paredes de la junta, la colocación deficiente, la incrustación de material incomprensible, el curado inapropiado, la adición de agua durante el enlizado de la superficie, la adición de químicos cuando el hormigón fue mal construido, el exceso de mortero, el hormigón mal dosificado, las fundaciones capas inestables, los espesores de pavimento insuficiente, deficiente ejecución de parchado, la mala calidad de la arena, las combinaciones de fisuras transversales, longitudinales y/o oblicuas, la reactividad del álcali-sílice de los agregados que conforman el hormigón cuando estos se congelan o expanden.

Se debe establecer, localizar los tramos o superficie en m² de área afectada o deteriorada, computando estos por metro cuadrado de superficie afectada registrando separadamente las áreas según el nivel de severidad se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad observado. Dentro de este método de medición podemos aplicarlo a fallas que mencionamos anteriormente.

3.4. Índices de calidad de una evaluación superficial

3.4.1. Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

3.4.1.1. Definición.

El índice internacional de rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de

la calidad de rodadura de un camino. El Índice Internacional de Rugosidad tiene sus orígenes en un programa Norteamericano llamado Nacional Cooperative Highway Research Program (NCHRP) y esta basado en un modelo llamado “Golden Car” descrito en el reporte 228 del NCHRP.

En este documento se describe el programa del Banco Mundial para el cálculo del IRI obtenido a partir de un levantamiento topográfico del perfil del tramo de prueba. Las ecuaciones y arreglos matriciales que se requieren para obtener el IRI variando la longitud de la toma de los datos del levantamiento de 25 a 50 cm.

La gran variedad de equipos utilizados para medir la regularidad superficial y los numerosos índices y escalas existentes para establecer los criterios de aceptación de la funcionalidad de una carretera, llevaron a considerar la conveniencia de adoptar un “índice único”. Debido a que cada país contaba con un equipo propio, no se podía imponer un solo equipo a todos y tampoco se podía coartar las futuras mejoras de los equipos existentes o el desarrollo de nuevos equipos.

El Índice Internacional de Rugosidad es el primer índice de perfil ampliamente utilizado, donde el método de análisis esta adaptado para trabajar con diferentes tipos de equipos de medición de rugosidad y se puede decir que es una propiedad del perfil de un camino.

El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc.

Así, el IRI es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino. El IRI sirve como estándar para calibrar los equipos de medición de la regularidad superficial de un camino.

3.4.1.2. Escala y características del IRI.

La escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi.
- El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y

12 un camino intransitable. En la figura 3.3 se presentan las características de los pavimentos dependiendo del valor del IRI, según las experiencias recogidas por el Banco Mundial en diversos países.

- Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente, en la figura 2.2 se muestra una relación entre el valor del IRI la transitabilidad de los usuarios.

Fig. 3.1. Escala de valores del IRI y las características de los valores

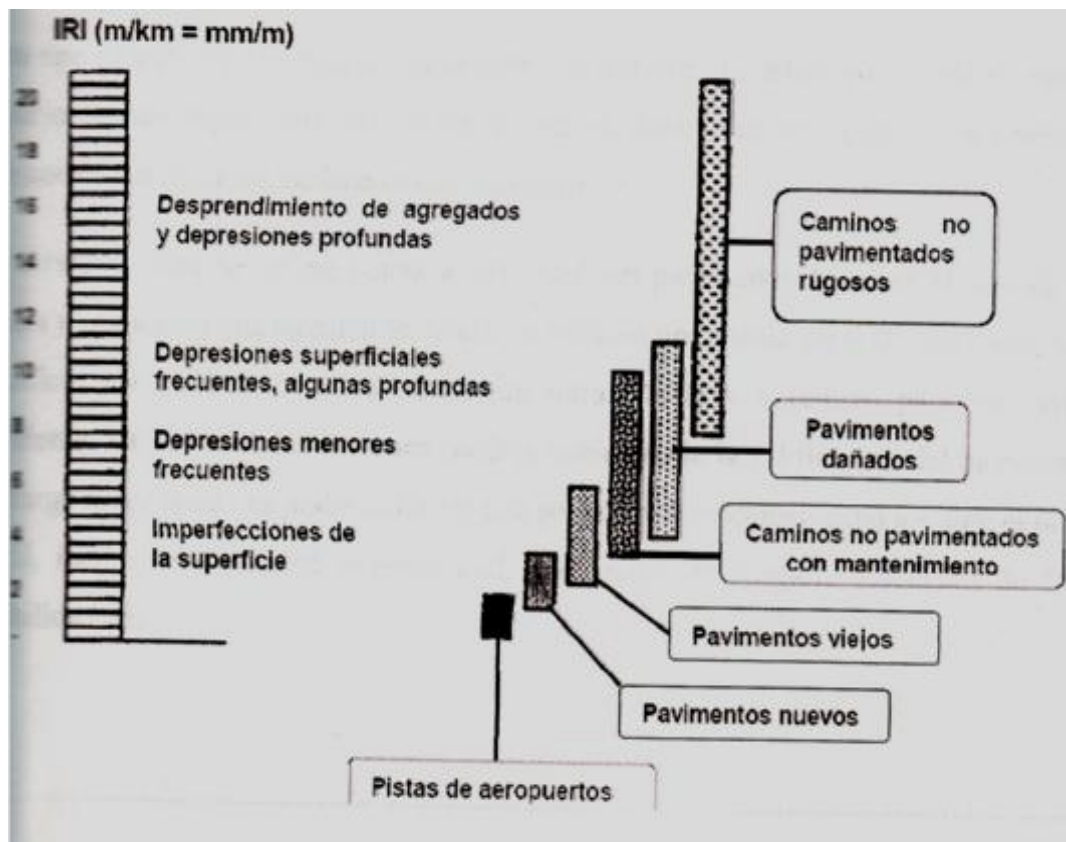
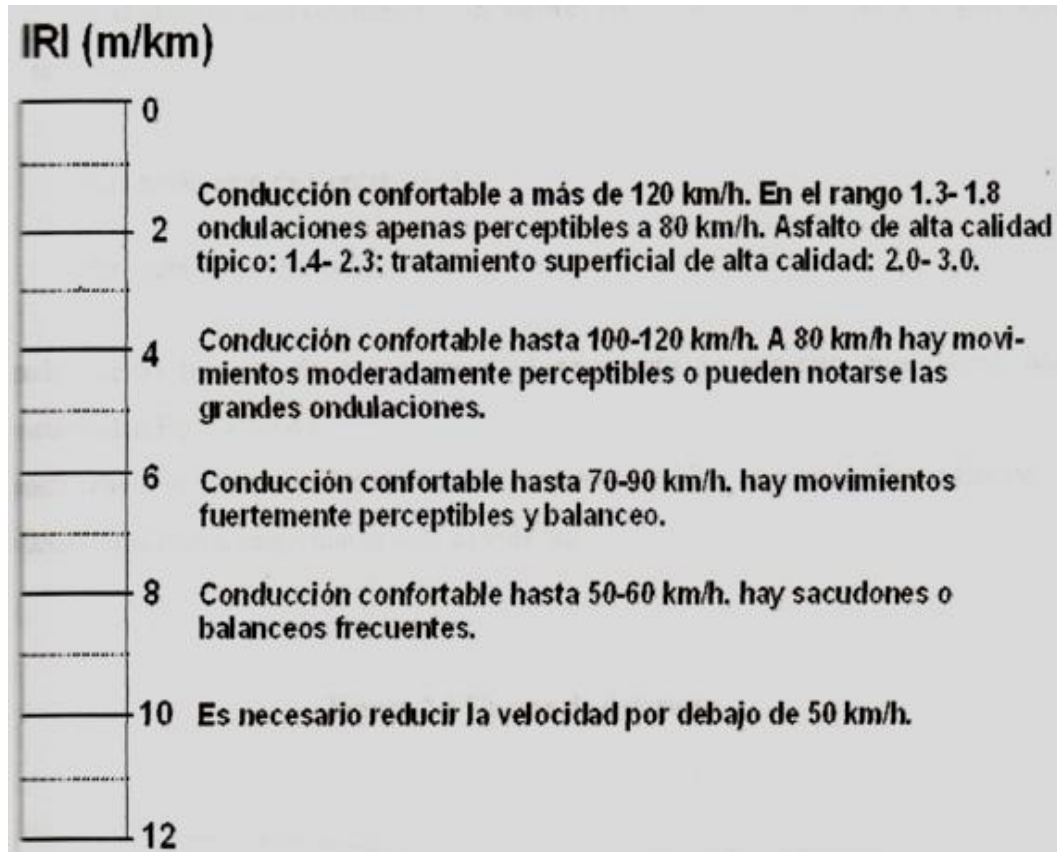


Fig. 3.2. Clasificación del IRI en función de la Circulación Vehicular



3.4.2. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Este tipo de índice está orientado mundialmente a medir el confort que brinda el camino al usuario. Se han desarrollado originalmente para su determinación, fórmulas matemáticas que combinan distintos parámetros de deterioro.

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo la tendencia es poder definirla con parámetros medibles como los son: el índice de perfil, índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc.

La siguiente tabla muestra la clasificación del PSI:

CUADRO 3.1 Clasificación del PSI

PSI	Estado del Pavimento
0 – 1	Muy Malo
1 – 2	Malo
2 – 3	Regular
3 – 4	Bueno
4 - 5	Muy Bueno

3.4.2.1. Relación entre PSI – IRI

Como el IRI (Índice de Rugosidad Internacional), esta basado solamente en la rugosidad de la superficie y se reconoce una correlación entre los mencionados índices, es así que D. Dujisin y A. Arroyo proponen las siguientes formulas para calcular el PSI correlacionando con el IRI.

$$PSI = 7.10 - 2.19 * IRI^{0.5} \quad \text{Pavimentos de Hormigón}$$

$$PSI = 5.85 - 1.68 * IRI^{0.5} \quad \text{Pavimentos Asfálticos}$$

IRI	PSI (Asf.)	PSI (Hid.)
0,5	4,7	5,0
1,0	4,2	4,9
1,2	4,0	4,7
1,5	3,8	4,4
2,0	3,5	4,0
2,5	3,2	3,6
3,0	2,9	3,3
3,5	2,7	3,0
4	2,5	2,7

4,5	2,3	2,5
5	2,1	2,2
5,5	1,9	1,9
6	1,7	1,6

CUADRO 3.2 Correlación IRI - PSI

3.4.3. Índice de condición del pavimento (PCI)

3.4.3.1. Introducción

El índice de condición del pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

3.4.3.2. Índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index)

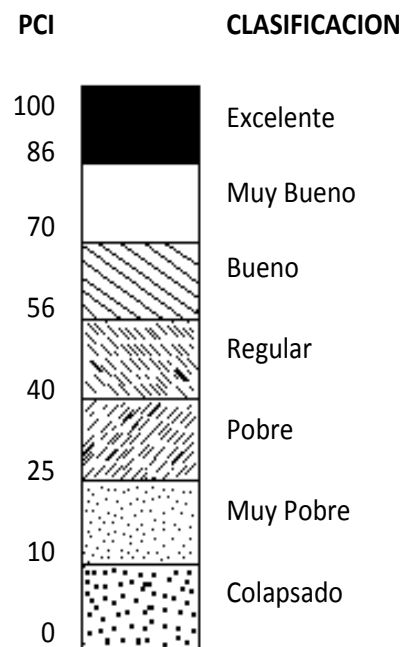
El deterioro de la estructura del pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tome en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad que tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el cuadro 2.1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

CUADRO 3.3 RANGOS DE CALIFICACION DEL PCI

RANGO	CLASIFICACION
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD Y CANTIDAD de cada daño que presenta. El PCI se desarrollo para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie en este proyecto estará netamente orientado a la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o en el clima.

**Fig. 3.3. Clasificación del PCI**

3.4.3.3. Procedimiento de la evaluación de la condición del pavimento

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. El cuadro 2.2 ilustra el formato para la inspección del pavimento de concreto hidráulico.

Y en la segunda etapa una vez que ya se haya hecho el levantamiento de fallas en campo se procede a realizar el procesamiento de los datos.

3.4.3.4. Unidades de muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

En las carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 18 ± 8 losas.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

3.5. Procedimiento de medición de las fallas superficiales

El procedimiento que se describe a continuación es el que se seguirá durante la práctica de este proyecto y este es el recomendado por varios sistemas de conservación y mantenimiento de carreteras.

Primeramente los factores más importantes que debemos tomar en cuenta para la medición de fallas superficiales es el siguiente:

- Seguridad
- Personal
- Equipo y material de trabajo

3.5.1. Seguridad

Este factor se refiere a la seguridad de la integridad de la persona tanto del autor del proyecto como del personal que ayudara al mismo en la practica, por lo tanto al tratarse de una evaluación superficial de un tramo de carretera pavimentada en la cual se deberá realizar el trabajo sobre la misma cortando el trafico vehicular en un sentido de la misma, en la cual para evitar accidentes se deberá poner en conocimiento a las autoridades pertinentes para que estas informen a los conductores, también se deberá implementar

Conos y señalización vertical preventiva de manera que esta prevenga a los conductores que a una distancia considerada existen personas trabajando sobre un carril de la vía y así de esta manera evitar accidentes tanto a los que estén trabajando, transeúntes y para seguridad de los mismos conductores.



Fig. 3.4 Equipo de seguridad vial

3.5.2. Personal

En la bibliografía de varios sistemas de evaluación recomiendan que se debe contar al menos con ingeniero o técnico que tenga pleno conocimiento sobre cuantificación de fallas, en este caso en particular corresponde esta función al autor de este trabajo y que para tramos largos el personal de apoyo debe ser por lo menos dos personas, los mismos que se encargaran de colaborar con la señalización, la medición de los tramos y con el equipo topográfico para la determinación del IRI.



Fig. 3.5 Personal de apoyo

3.5.3. Equipo y material de trabajo

En este proyecto el equipo que se va utilizar es el Nivel de Ingeniero para la determinación del Índice de Rugosidad Internacional IRI, este equipo cuenta con su respectiva mira, un trípode y accesorios pequeños. En cuanto al material de trabajo se necesita una huincha, un cuaderno de anotaciones, planillas con el formato para la anotación de las diferentes fallas, bolígrafos, reglas graduadas en cm y mm, flexometro, cámara fotográfica, tiza y pintura para marcar los tramos en donde se realizara el estudio.

Todo este material debe ser alistado con cierto tiempo de aproximación para que el día de la practica no se presenten inconvenientes ni contratiempos, además de alistar este material se debe tomar muy en cuenta que todo el material este en perfectas condiciones para que se pueda trabajar con la mayor precisión posible y obtener datos confiables.



Fig. 3.6 Equipo topográfico

3.5.4. Medición de fallas superficiales

Para comenzar a medir las fallas y daños superficiales del pavimento rígido se deben seguir los siguientes pasos:

- Preparar y alistar todo el material y equipo necesario y personal de apoyo, coordinar con las autoridades competentes y planificar la metodología de trabajo.

- Inspeccionar la carretera y determinar el tramo de estudio, identificar y marcar los subtramos (muestras de estudio), organizar y capacitar el personal de apoyo.
- Asegurar el tramo de estudio utilizando la señalización de seguridad vial.
- Empezar a medir las fallas y daños superficiales de acuerdo a su característica, tipo de falla y en las unidades que corresponda a cada falla, utilizar el material de adecuada y en buenas condiciones y anotar los mismos en una planilla.
- Prever inconvenientes en el transcurso de la medición como ser altas temperaturas, vientos fuertes, lluvia y horario de mayor circulación de vehículos pesados, y dar solución a estos inconvenientes buscando horas de trabajo tranquilas de manera que no perjudiquen el trabajo y alteren e influyan en la precisión de la medición.
- Al finalizar la medición de todos los tramos en estudio se debe ordenar las planillas con los datos medidos para su posterior procesamiento.



Fig. 3.7. Procedimiento de medición de fallas superficiales

3.5.5. Medición de datos para la determinación del IRI.

Los pasos a seguir son similares a los pasos mencionados en la medición de fallas con la adición de los siguientes:

- Una vez asegurado el tramo donde se realiza la medición se procede a medir los puntos para la determinación del IRI.
- Se debe instalar y armar el equipo topográfico en un lugar en donde se tenga mayor visibilidad hacia el tramo que se desea medir y hacia los posteriores tramos, con la ayuda de una huincha se extiende la misma sobre una de las huellas del pavimento en una longitud de 20 m. y de acuerdo a parámetros estándares se lectura a cada 50 cm. El mismo procedimiento se lo realiza en la otra vía de sentido contrario.
- Para este tipo de medición también es importante tomar en cuenta la prevención de inconvenientes que se pueden presentar.
- Los datos lecturados para la determinación del IRI deben anotarse en su respectiva planilla para su posterior procesamiento de datos.



Fig. 3.8. Procedimiento de medición de datos para la determinación del IRI

3.5.6. Diagnostico final de la condición del pavimento

El diagnostico de la condición en que se encuentra el tramo en estudio esta en función a la cantidad y severidad de las fallas que se presenten en las losas del numero total de losas que existen en el tramo. Este debe reflejar cual es la condición actual del pavimento y esto debe ayudarnos a tener una idea de que medidas debemos de tomar en cuenta para que posteriormente a la evaluación se haga la reparación, subsanando las fallas y daños en las losas de todo el tramo.

Una vez determinado el estado del pavimento se puede determinar la solución que se podría darle al pavimento, de acuerdo a los niveles de severidad que tengan las fallas.

Estas soluciones que debemos dar al pavimentando están en función al tipo de falla y a su severidad y en función a esto existen técnicas de reparación en donde las más comunes se nombran a continuación:

- Reparación en espesor completo (paquete estructural)
- Reparación en espesor parcial (remoción y cambiado de losas)
- Recolocación de barras pasa juntas.
- Resellado de juntas y fisuras.

Previamente a escoger la técnica de reparación más adecuada se debe hacer un análisis exhaustivo de los resultados de la evaluación donde se involucren factores importantes para la toma de decisiones, estos factores pasan por un análisis técnico, económico y social.

4.1. Ubicación geográfica.

El Departamento de Tarija, se encuentra ubicado al sur del Estado Plurinacional de Bolivia; con una superficie de 37.623 Km², y está constituido por seis provincias: Cercado, Méndez, Avilés, Arce, O'Connor y Gran Chaco.

El municipio de Bermejo, situado al extremo sur del departamento de Tarija, pertenece a la segunda sección de la provincia Arce, constituyéndose en su capital; se encuentra rodeado, en el sur-este por el río Bermejo, y el sur-oeste por el río Grande de Tarija.

4.1.1. Latitud y Longitud.

Geográficamente el Municipio de Bermejo se encuentra ubicado entre las coordenadas 22° 35' 24'' y 22° 52' 09'' de latitud sud, y 64° 26' 30'' y 64° 14' 16'' de longitud oeste, situándose a una altitud media de 400 m.s.n.m.

MAPA N° 1
UBICACIÓN DE BERMEJO



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Bermejo 2005.

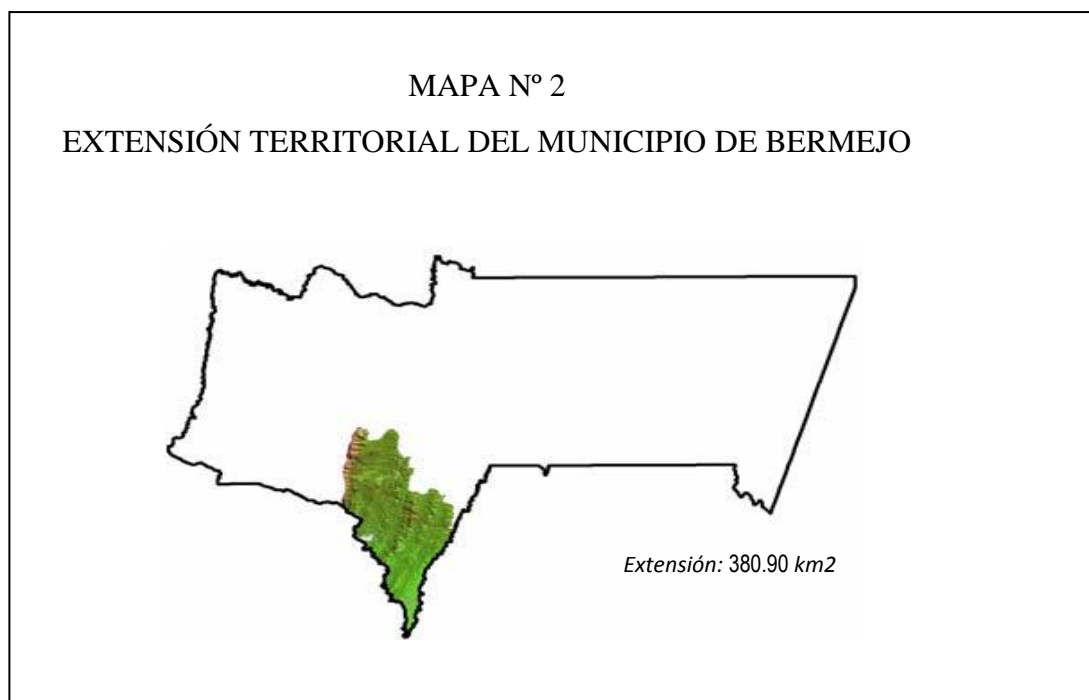
4.1.2. Límites Territoriales.

El municipio de Bermejo limita:

- Al norte, con la serranía de San Telmo y la comunidad Colonia Ismael Montes (San Telmo Río Tarija).
- Al sur, con el río Bermejo y la República Argentina.
- Al este con el río Grande de Tarija y la República de Argentina.
- Al oeste con la comunidad de San Telmo Río Bermejo y la República Argentina.

4.1.3. Extensión.

Tiene una extensión territorial de 380.90 km²., que representa 1,01% del territorio departamental, con una mancha urbana aproximada de 5.8 km². Siendo su ocupación territorial, el resultado de la convivencia de pueblos originarios y de importantes corrientes migratorias.



4.2. Información General Obtenida

Es necesario tener los datos con los que se construyó el pavimento, para así tener una idea más generalizada de las características de la zona y del pavimento rígido. Estos datos nos servirán como base para fundamentar las alternativas de mantenimiento que se tengan que tomar para solucionar las irregularidades (fallas) en el pavimento.

4.2.1. Clima

La zona se caracteriza por tener el verano localizado en los meses de diciembre hasta el mes febrero con una temperatura promedio de 22.3 °C y una máxima extrema de 47 °C.

El invierno se presenta durante los meses de junio y julio con temperaturas promedios mínimas entre 10.4 °C y -4 °C. El periodo libre de heladas comprende aproximadamente 150 días entre los meses de octubre a marzo.

La zona se encuentra bajo la influencia de los vientos del sur, causantes del fenómeno llamado surazo, caracterizado por un fuerte descenso de la temperatura en los periodos de invierno y con el cielo totalmente cubierto.

El régimen de lluvias a nivel mensual se inicia en octubre y prácticamente concluye en el mes de abril correspondiendo el periodo de mayor precipitación los meses de enero y febrero. El periodo seco corresponde a los meses comprendidos entre junio y septiembre. La precipitación media anual es de 1156 mm, los valores extremos de la precipitación media anual se encuentran entre 600 mm y 2100 mm.

Cuadro 4.1. Resumen Climatológico (1973-2004)

Estación: BERMEJO
 Provincia: ARCE
 Departamento: TARIJA

Latitud S.: 22° 46' 15"
 Longitud W.: 64° 18' 42"
 Altura: 385 m.s.n.m.

Indice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	33,4	32,0	30,6	27,2	24,4	21,9	22,9	26,0	29,2	32,3	32,0	33,4	28,8
Temp. Min. Media	°C	20,9	20,3	19,7	17,0	14,2	10,6	8,9	10,4	13,1	17,3	19,1	20,5	16,0
Temp. Media	°C	27,2	26,1	25,2	22,1	19,3	16,3	15,9	18,2	21,1	24,8	25,5	27,0	22,4
Temp.Max.Extr.	°C	44,5	43,6	42,0	39,0	36,0	34,0	37,7	43,5	44,5	45,7	44,4	45,8	45,8
Temp.Min.Extr.	°C	8,5	9,0	9,0	0,9	1,5	-1,0	-3,2	-2,6	0,3	6,0	9,2	7,5	-3,2
Dias con Helada		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Humed. Relativa	%	72	75	79	79	79	78	73	67	62	63	68	70	72
Nubosidad Media*	Octas	5	5	5	6	5	5	5	4	4	4	5	4	5
Insolación Media*	Hrs	6,3	5,6	5,1	4,3	4,4	3,6	5,4	6,6	5,8	5,9	6,0	6,4	5,5
Evapo. Media	mm/día	3,40	3,84	3,12	2,26	1,68	1,45	1,80	2,56	3,46	4,13	3,36	4,01	2,92
Presion Barometrica	hPa	964,6	965,1	966,3	967,9	971,8	970,9	972,4	971,4	968,3	967,1	964,9	963,7	967,9
Precipitación	mm	221,7	203,7	191,3	102,4	32,9	11,2	11,8	5,9	14,9	66,2	126,5	173,8	1162,4
Pp. Max. 24 hrs.	mm	117,0	100,0	151,5	112,3	47,0	14,0	13,4	15,0	45,6	56,7	117,0	92,7	151,5
Dias con Lluvia		12	11	12	10	6	4	3	2	3	6	9	10	91
Velocidad del viento	km/hr	4,8	4,7	4,4	3,9	4,0	4,3	4,5	5,8	6,6	6,6	6,1	6,2	6,6
Direccion del viento		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Fuente: SHENAMI

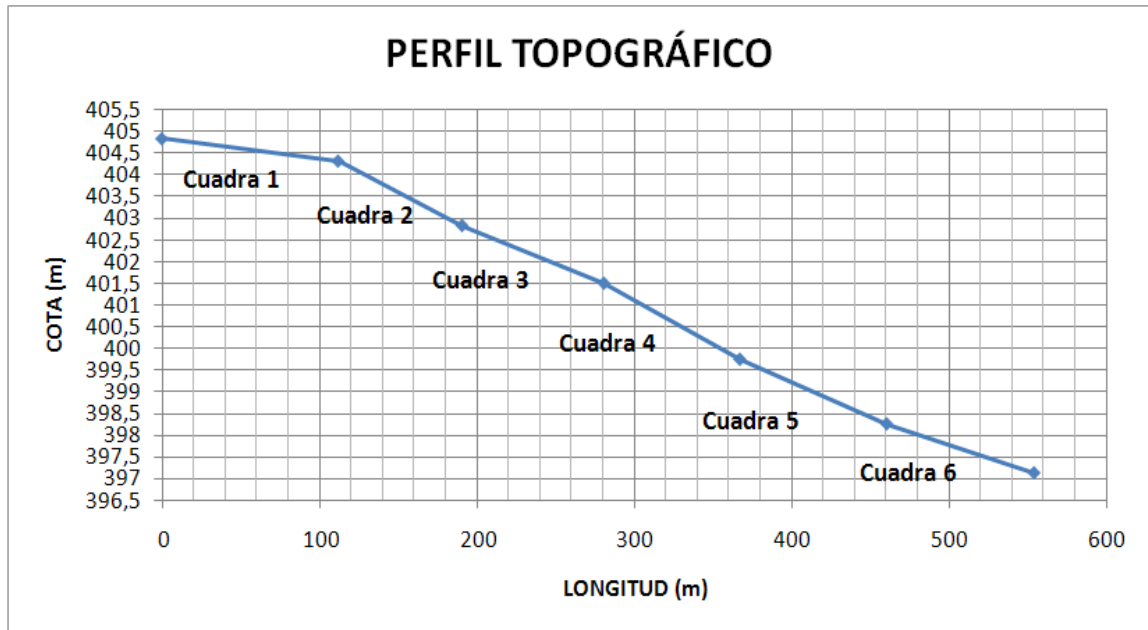
4.2.2. Topografía

La topografía es un factor que ayudará y permitirá la rápida evacuación de las aguas, ya sean estas aguas de lluvia o aguas producto de malas conexiones e imperfecciones del sistema de agua potable.

A continuación se muestra los perfiles longitudinales de la topografía de las calles, los cuales nos ayudarán a obtener alguna información como ser: pendientes, longitud y desnivel de cada cuadra.

*** AV. BOLIVAR/CALLE LITORAL Y TOPATER:**

Fig. 4.1 Perfil Topográfico Av. Bolívar de ida



Fuente: Levantamiento longitudinal de las cuadras

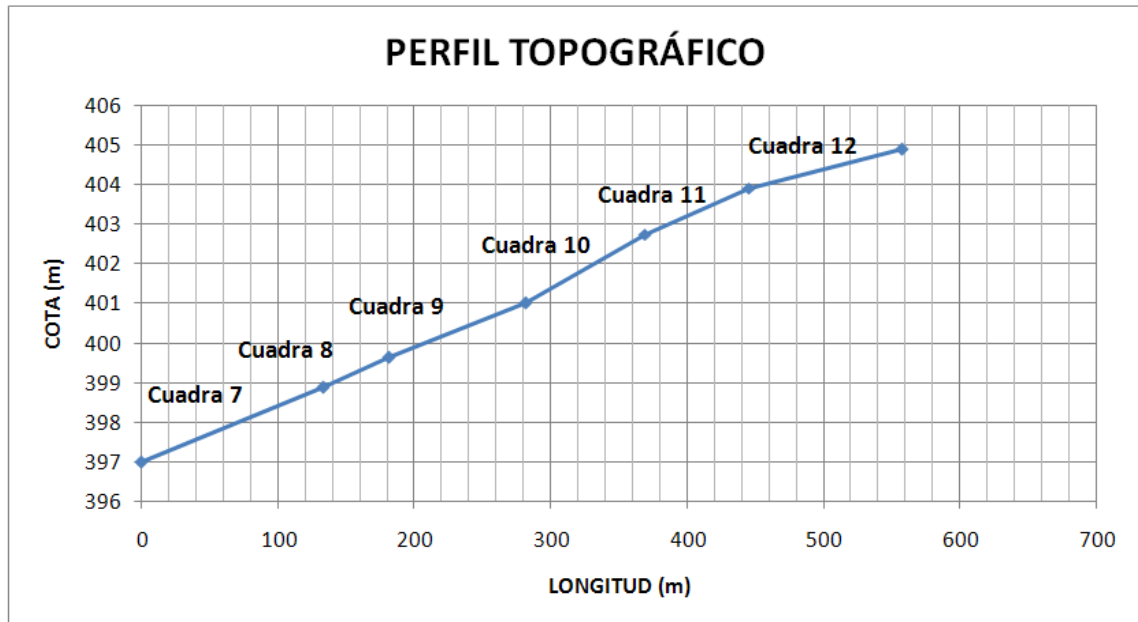
Información obtenida:

Cuadro 4.2 Características del Perfil Topográfico Av. Bolívar ida

CUADRA	LONGITUD (m)	DESNIVEL máximo (m)	PENDIENTES (%)	
			Subida	Bajada
1	112.00	0.514	-	0.5%
2	78.78	1.487	-	1.9%
3	90.15	1.330	-	1.5%
4	86.34	1.752	-	2.0%
5	93.32	1.490	-	1.6%
6	93.84	1.130	-	1.2%

*** AV. BOLIVAR/CALLE TOPATER Y NLITORAL:**

Fig. 4.2 Perfil Topográfico Av. Bolívar vuelta



Fuente: Levantamiento longitudinal de las cuadras

Información obtenida:

Cuadro 4.3 Características del Perfil Topográfico Av. Bolívar Vuelta

CUADRA	LONGITUD (m)	DESNIVEL máximo (m)	PENDIENTES (%)	
			Subida	Bajada
7	132.95	1.876	1.4%	-
8	48.13	0.748	1.6%	-
9	100.30	1.376	1.4%	-
10	87.65	1.746	2.0%	-
11	76.12	1.168	1.5%	-
12	112.63	0.974	0.8%	-

4.2.3. Trafico

La base para los estudios de tráfico es el conocimiento mismo de sus características, aparentemente este conocimiento es fácil de obtener basándose en la realización de eventos y entrevistas.

En años anteriores el volumen de tráfico de estas calles era bajo, tal como muestra la siguiente tesis titulada: ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA CIUDAD DE BERMEJO, realizado por Pablo Salazar Gareca en el mes de julio del año 2000.

Cuadro 4.4 Volumen Medio Horario “VMH” (Año 2000)

CALLE	VOLUMEN MH		VOLUMEN	
	Derecho	Izquierdo	Máximo	Mínimo
Av. Bolívar (ida)	21	19	34	7
Av. Bolívar (vuelta)	9	8	22	1

Fuente: Estudio de Tráfico de la Ciudad de Bermejo

De igual manera también se puede caracterizar el tráfico actuante:

Cuadro 4.5 Caracterización del Tráfico (Año 2000)

CALLE	% Vehículos Pesados por Hora	% Vehículos Livianos por Hora
Av. Bolívar (ida)	12	242
Av. Bolívar (vuelta)	8	223

Fuente: Estudio de Tráfico de la Ciudad de Bermejo

4.3. Detalles Técnicos de las calles en estudio

4.3.1. Avenida Bolívar/Litoral y Topater

Cuadro 4.6 Detalles Técnicos Av. Bolívar ida

Zona	Av. Bolívar
Intersecciones	Entre calle Litoral y Topater
Pavimento	Losa de Concreto
Año de Construcción	1996
Vida Útil	20 años
Pendiente Transversal	2.5 %
Espesor de la Losa	17 cm
Dimensiones de las Losas	Largo = 4 m y Ancho = 3.5 m
Relleno de Juntas	Alquitrán, plastofom e = 1 cm
Pasadores y Pasajuntas	D = 5/8 “

Fuente: Archivos H.A.M de Bermejo

4.3.2. Avenida Bolívar/Litoral y Topater

Cuadro 4.7 Detalles Técnicos Av. Bolívar vuelta

Zona	Av. Bolívar
Intersecciones	Entre calle Topater y Litoral
Pavimento	Losa de Concreto
Año de Construcción	1996
Vida Útil	20 años
Pendiente Transversal	2.5 %
Espesor de la Losa	17 cm
Dimensiones de las Losas	Largo = 3 m y Ancho = 2.80 m
Relleno de Juntas	Alquitrán, plastofom e = 1 cm
Pasadores y Pasajuntas	D = 5/8 “

Fuente: Archivos H.A.M de Bermejo

4.4. Metodologías para la determinación del estado del pavimento

Para la determinación del estado de la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo fue planteada tres metodologías de evaluación del estado superficial de la carretera como ser la metodología del Índice Internacional de Rugosidad, la metodología de Índice de condición del Pavimento y la metodología de Índice de Serviciabilidad Presente.

4.5. Metodología del IRI

4.5.1. Análisis para la determinación del IRI.

El Índice Internacional de Rugosidad es la acumulación de deformaciones con respecto a un eje, este índice nos indica la irregularidad superficial es decir la diferencia entre lo real de lo ideal, se lo conoce como rugosidad del pavimento pero una rugosidad desde el punto de vista de las deformaciones y no así de la aspereza del pavimento. Debido a que para el procesamiento de los datos de campo para realizarlo manualmente sería demasiado moroso y tedioso ya que son bastantes los puntos que se deben procesar, para ello se recurrió a la ayuda de un programa computacional para el procesamiento de los datos y así calcular este índice.

El programa computacional se llama INPACO, este software fue creado en el instituto de vías de la universidad del Cauca de Colombia. Este programa tiene la característica de procesar los datos en 6 pasos los cuales se mencionan a continuación:

- Delta X.
- Identificación del tramo.
- Entrada de datos.
- Calculo del IRI.
- Grafica.
- Imprimir información.

Delta X (DX).- Esta es la primera parte para hacer correr el programa donde nos permite escoger el incremento de la abscisa de los datos del levantamiento, en el mismo se presentan las siguientes alternativas:

- a) 50 mm.
- b) 100 mm.
- c) 152.4 mm. (0.5ft).
- d) 166.7 mm.
- e) 200 mm.
- f) 250 mm.
- g) 304.8 mm. (1.0 ft).
- h) 333.3 mm.
- i) 500 mm.
- j) 609.6 mm. (2.0 ft)

La elección de una de estas opciones se la hace de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro N° 4.8 Elección de (DX)

DELTA X	LONGITUD MAXIMA
mm	m
50	800
100	1600
152,4	2438
166,7	2667
200	3200
250	4000
304,8	4876
333,3	5332
500	8000
609,6	9753

Identificación del tramo.- Esta opción permite que se pueda darle un nombre al tramo en estudio e identificarlo con un código para distinguirlo de los demás, la forma que se presenta en el programa es el siguiente:

- Código tramo.
- Nombre del tramo.
- Abscisa inicial (m).
- Abscisa final (m).

Las abscisas delimitan el inicio y fin de la longitud del tramo en estudio del IRI que para este proyecto es 20 m.

Entrada de información.- En esta opción se ingresan los datos del levantamiento (cotas de los puntos lecturados), el formato de ingreso es el que se presenta a continuación:

Cns	Abscisa	cota (m)
Numero del	incremento	ingreso de
pto.	DX	cota
(automático)	(automático)	(manual)

Calculo del IRI.- Este paso se ejecuta en el interior del programa el mismo que utiliza un arreglo matricial para este objetivo, en la pantalla de cálculo se visualiza lo siguiente:

- Delta X: el escogido
- Numero total de datos: el numero total de datos ingresados del tramo
- Numero de datos analizados
- Porcentaje de análisis
- Z1, Z2, Z3, Z4, Y y ΣRSi : variables requeridas por el programa en el proceso de calculo
- El valor del IRI calculado (m/Km).

Grafica.- Permite visualizar en la pantalla el perfil del tramo analizado previamente antes se debe ingresar en los ejes coordenados el incremento de la abscisa y la ordenada.

Imprimir información.- Por esta opción se imprime la lista de datos ingresados para cada tramo.

El valor del IRI del tramo de la Av. Bolívar de la ciudad de Bermejo es:

$$\text{IRI} = 5.16 \text{ m/Km}$$

4.6. Metodología del PSI.

4.6.1. Análisis para la determinación del PSI.

El índice de serviciabilidad para los pavimentos de hormigón se determina mediante la siguiente relación:

Formula del MIDEPLAN.

- $PSI = 5.8 - 0.8 \cdot C_1 - 0.5 \cdot C_2$

Donde:

PSI: Índice de Serviabilidad Presente

C1: Coeficiente de rugosidad, se obtiene calificando de acuerdo al cuadro 4.2

C2: Coeficiente de agrietamiento, determinado en función de un índice de grietas que se obtiene a partir del numero de grietas promedio en cada losa, de acuerdo al cuadro 4.2.

La decisión de adoptar este método en particular, habiendo una gran cantidad de ellos es porque sus resultados son los que mas reflejan el estado real del pavimento del tramo que se esta estudiando.

Cuadro N° 4.9 Coeficientes C1 y C2

RUGOSIDAD LONGITUDINAL	VALOR C1
Perfectamente lisa	1
Algo rugosa	2
Medianamente rugosa	3
Rugocidad alta	4
Extremadamente rugosa	5
COEF. DE AGRIETAMIENTO	VALOR C2
IGR < 5	1,0
IGR : 5,01 - 15	1,5
IGR : 15,01 - 40	2,0
IGR : 40,01 - 80	2,5
IGR : 80,01 - 140	3,0
IGR : 140,01 - 220	3,5
IGR > 220	4,0

Índice de grietas

$$\text{IGR} = 2,21(\text{NG} + \text{NF})100 * 3,5 / (\text{A} * \text{L} * \text{N})$$

Donde:

IGR: Índice de grietas

N: Numero de losas en el punto de muestreo

NG: Numero de grietas en el punto de muestreo

NF: Numero de fisuras en el punto de muestreo

A: Ancho promedio de losas

L: Longitud promedio de losas

El Índice de Serviciabilidad Presente refleja el estado del pavimento desde el punto de vista del usuario, por lo que es necesario que se exprese la rugosidad en términos de Serviciabilidad. Para este fin se toma una escala que nos propone el Road Test de AASHO la mas utilizada en muchos países cuya escala varia de 0 a 5 donde el valor de 0 representa una carretera con un nivel de estado muy malo y el valor de 5 indica un estado muy bueno. En el cuadro de abajo se muestra esta escala con los valores del PSI.

Cuadro N° 4.10 Escala del PSI

PSI	ESTADO DE LA CARRETERA
0 - 1,0	MUY MALO
1,0 - 2,0	MALO
2,0 - 3,0	REGULAR
3,0 - 4,0	BUENO
4,0 - 5,0	MUY BUENO

Los cálculos del Índice de Serviciabilidad Presente se presentan en el ANEXO N° 5 por lo que a continuación se presenta el resultado final del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI):

El valor del PSI del tramo de la Av. Bolívar de la ciudad de Bermejo es:

$$\text{PSI} = 1.97$$

4.7. Metodología del PCI.

4.7.1. Análisis para la determinación del PCI.

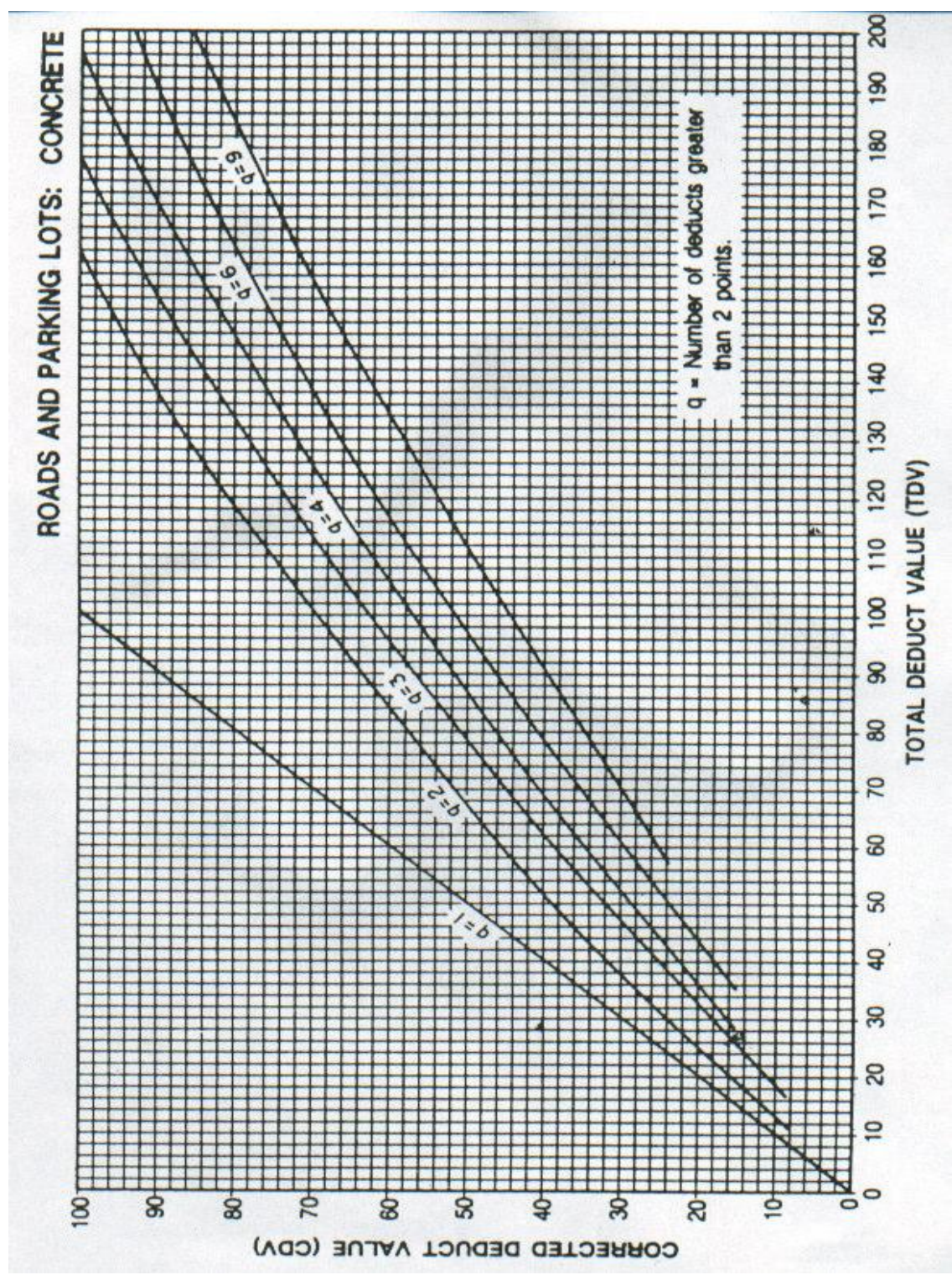
Con los datos medidos de las fallas superficiales del pavimento en campo se procede a realizar la cuantificación de las mismas tomando en cuenta el numero de losas afectadas con sus respectivos niveles de severidad, esta cuantificación se la

presenta en el ANEXO N° 2 y es con estos datos que se determinara el Índice de Condición del Pavimento.

4.7.2. Calculo del PCI.

- Primeramente con el formato del cuadro 2.2 del capítulo II se procede a anotar en columnas las fallas que se hayan presentado con su respectivo nivel de severidad, luego con los valores totales de la cuantificación de las fallas en numero de losas afectadas se determina su densidad con relación al numero total de losas del tramo de muestreo en este proyecto son 10 losas en total, estas densidades se colocan en columna al lado de la falla que corresponde.
- En el siguiente paso se debe calcular el Valor de Deducción (VD), este valor se lo calcula para cada falla que se presente, se lo obtiene ingresando con el valor de la densidad y el nivel de severidad de cada falla en unas graficas estandarizadas para los diferentes tipos de fallas, estas graficas se encuentran en el ANEXO N°1.
- Con los valores de deducción se calcula el Valor de Deducción Total (VDT) que viene a ser nada más que la sumatoria de los Valores de Deducción de todas las fallas.
- Luego se debe calcular el Valor de Deducción Corregido (VDC), para el cual se debe contar todos los valores mayores a 5 de igual nivel de severidad para encontrar “q” (Curva de Deducción) que se ilustran en la figura 4.1 para encontrar el Valor de Deducción Corregido en esta grafica se debe ingresar con el Valor de Deducción Total en las abscisas y proyectar en línea recta hacia arriba hasta chocar con la curva que corresponda y con otra línea recta horizontal se debe proyectar hacia las ordenadas y ese será nuestro Valor de Deducción Corregido.

Fig. 4.3 Curvas de Deducción para pavimentos rígidos



- Finalmente el valor del PCI parcial = $100 - VDC$

Con el valor del PCI se clasifica el estado del pavimento utilizando la escala del cuadro N° 4.4 que se clasifica de acuerdo al valor final del Índice de Condición del Pavimento, esta tabla de clasificación fue obtenida del manual INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos), de la Universidad Nacional de Colombia.

Cuadro N° 4.11 Rangos de calificación del PCI

Rango	Calificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

El valor encontrado del PCI y la clasificación del estado del pavimento corresponde a cada tramo y el valor final del PCI de todo el tramo es el promedio de los PCI de todos los tramos de muestreo:

- $$PCI_{final} = \frac{\sum PCI_{parciales}}{N^{\circ} \text{ tramos}}$$

Donde:

PCI final = Índice de Condición del Pavimento del tramo total

N° tramos = Numero total de tramos de muestreo

Los cálculos y resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI), se encuentra en el ANEXO N° 4 y por lo tanto el resultado final es el siguiente:

El valor final del tramo de la Av. Bolívar de la Ciudad de Bermejo es:

$$PCI = 35.26$$

4.8. Análisis de la relación IRI, PCI, PSI.

Después de haber realizado los cálculos y llegar a los resultados de los índices que indicaran el estado del pavimento, los mismos que están relacionados de acuerdo a sus valores, en el cuadro siguiente mostramos los rangos de comparación de los tres índices planteados al inicio de este trabajo. Este cuadro es planteado por las normas ASSHTO, para poder comparar los resultados obtenidos.

Los rangos que relacionan estos índices van desde un pavimento muy bueno hasta uno que esta fallado.

CUADRO 4.12 Relación IRI, PCI, PSI

IRI	PCI	PSI	CLASIFICACION	DESCRIPCION
0 - 1,6	90 - 100	3,0 - 5,0	Muy Bueno, Excelente	El pavimento es nuevo
1,6 - 2,8	60 - 90	2,5 - 3,0	Bueno	Pavimento de concreto asfaltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno no existe baches ni corrugaciones
2,8 - 5,2	40 - 60	1,0 - 2,5	Regular	El pavimento muestra algunos tramos con los primeros vestigios de deterioro
	20 - 40		Muy Pobre	Bache ocasionales (1-3 baches cada 50 m, 2 % de baches), depresiones 20-40 mm cada 5 m 10-20 mm cada 3m), velocidad normal de conducción 80Km/h.
5,2 - 8,8	0 - 20	0,4 - 1,0	Fallado	El pavimento esta severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales ($\geq 20\text{mm}/3\text{m}$) baches frecuentes (15 - 20 baches Cada 50 m. 15% de baches).

Con la ayuda de este cuadro que relaciona los tres índices se observa que los valores se encuentran muy próximos a la clasificación del estado del pavimento de los tres índices.

4.9. Diagnostico general del estado del pavimento

Luego de haber analizado los resultados de las metodologías planteadas y haber clasificado el estado del pavimento para cada metodología, a continuación se presenta un cuadro resumen con los mismos y se dará el estado final en general para todo el tramo que se hizo el estudio.

CUADRO 4.13 Diagnostico general del tramo

N°	CUADRA EVALUADA		IRI (m/km)	PSI VALOR	PCI VALOR	ESTADO
	CALLE / AVENIDA	ENTRE CALLE				
1	Calle Bolivar	Litoral y Aniceto Arce	4,3529	1,90	26	MALO
2	Calle Bolivar	Litoral y Aniceto Arce	6,1873	1,90	35	MALO
3	Calle Bolivar	Aniceto Arce y Belgrano	3,8430	1,90	29	MALO
4	Calle Bolivar	Belgrano y Luis de Fuentez	4,5889	1,90	23	MUY MALO
5	Calle Bolivar	Luis de Fuentez y La Madrid	5,6191	2,15	23	MUY MALO
6	Calle Bolivar	La Madrid y Avaroa	4,4680	2,15	36	MALO
7	Calle Bolivar	Avaroa y Topater	6,9542	1,90	38	MALO
8	Calle Bolivar	Avaroa y Topater	5,6780	2,15	29	MALO
9	Calle Bolivar	La Madrid y Avaroa	6,5438	1,90	55	REGULAR
10	Calle Bolivar	Luis de Fuentez y La Madrid	4,6376	2,15	44	REGULAR
11	Calle Bolivar	Belgrano y Luis de Fuentez	4,7345	1,90	37	MALO
12	Calle Bolivar	Aniceto Arce y Belgrano	5,4183	1,90	35	MALO
13	Calle Bolivar	Litoral y Aniceto Arce	5,0738	1,90	46	REGULAR
14	Calle Bolivar	Litoral y Aniceto Arce	4,0869	1,90	39	MALO

Tramo	IRI	PCI	PSI	Estado del pavimento
Av. Bolívar de la ciudad de Bjo.	5.16	35.26	1.97	MALO

4.10. Descripción de los procesos constructivos para la restitución de cada uno de los tipos de fallas.

4.10.1. Fisura transversal o diagonal "FT, FD"

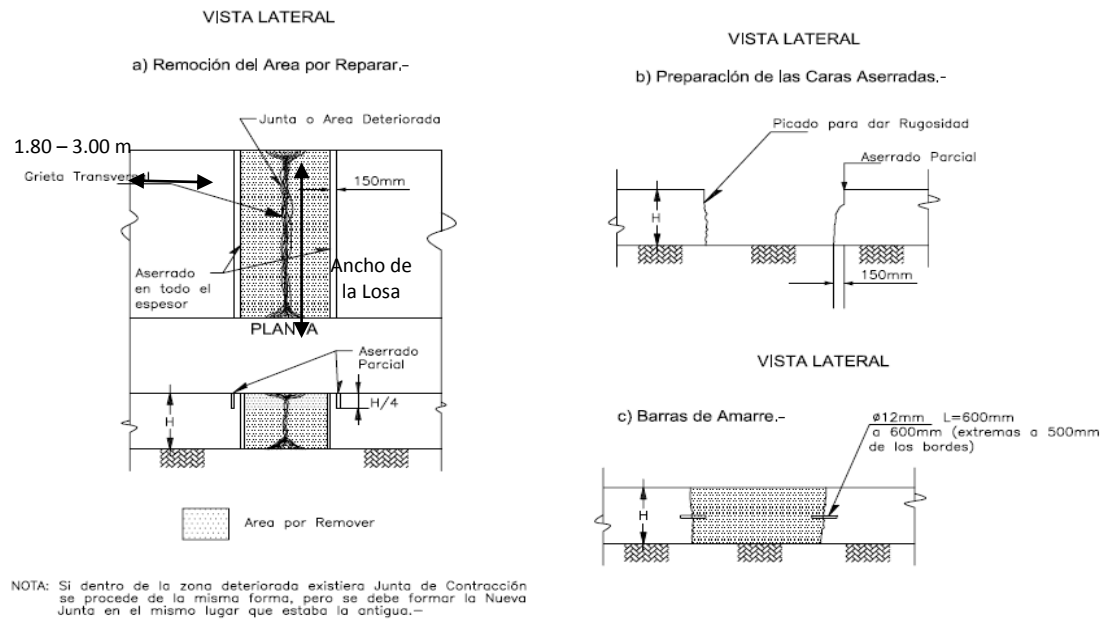
Técnica de Reparación: M; Sellado de fisuras y A; Parchado Profundo

Proceso de Reparación:

SELLADO DE FISURA "N.S: M"

- Se deberá limpiar la fisura en toda su profundidad, utilizando herramientas manuales para remover el material que sea acumulado en la fisura.
- Posteriormente se debe limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la fisura y se le imprime aire para terminar la limpieza de la fisura.
- Una vez realizada la limpieza, se coloca el cordón de respaldo y se vierte el material de sello de forma cuidadosa, estando atento de seguir cualquier especificación del fabricante del sello.

- PARCHADO PROFUNDO "N.S: A"



- Fig. 4.4 Reparación Fisura Transversal

- Como el nivel de severidad es alto y la altura de la losa es de 17 centímetros, se recomienda la reparación a profundidad total.
- El parche debe de tener mínimo las siguientes dimensiones: ancho igual al ancho de la losa en la dirección transversal y de 1.80 a 3.00 metros en la dirección longitudinal.
- El área a ser removida, se debe de marcar con pintura en la superficie del pavimento.
- Se deben hacer dos cortes en la dirección transversal con sierra a una profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa y unos 15 cm mas afuera que el área delimitada. Seguidamente por el área marcada se hacen los cortes en todo el espesor para retirar el área de reparación, la demolición es una opción, se la puede realizar con la ayuda de un martillo neumático retirando luego el material mediante el uso de herramientas manuales.
- En la superficie que va unirse con el concreto nuevo se debe realizar un picado para dar rugosidad y haya mayor adherencia con el nuevo concreto. También se pueden taladrar orificios transversales para colocar unas varillas que reforzaran la adherencia, el orificio debe ser 5 mm más que el diámetro de la varilla para echar una lechada de cemento.
- Después de quitar el concreto existente y el material suelto, el área estará lista para la reparación. Si los trabajos de remoción dañan la sub base será necesario agregar y compactar nuevo material de sub base.
- Coloque el concreto en el área de reparación, distribuya el concreto uniformemente. Realice un vibrado normal para disminuir los vacíos, el concreto deberá ser de las mismas especificaciones del concreto viejo, utilice reglas para enrasar y terminar la superficie reparada.

4.10.2. Fisura Longitudinal "FL"

Técnica de Reparación: M; Sellado de fisuras con asfalto líquido y A; Sellado de fisuras con mortero asfáltico.

Proceso de reparación:**SELLADO DE FISURA “N.S: M y A”**

Como hemos catalogado su severidad como media y alta debido al ancho de la fisura, el proceso de reparación recomendado es el sellado de fisura con asfalto líquido y con mortero de asfalto.

- Se deberá limpiar la fisura en toda su profundidad, utilizando herramientas manuales para remover el material que sea acumulado en la fisura.
- Posteriormente se debe limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la fisura y se le imprime aire para terminar la limpieza de la fisura.
- Una vez realizada la limpieza, se coloca el cordón de respaldo y se vierte el material de sello de forma cuidadosa, estando atento de seguir cualquier especificación del fabricante del sello.

4.10.3. Fisura de Esquina "FE"

Técnica de Reparación: M; Sellado de fisuras y A; Parchado parcial.

Proceso de reparación:**SELLADO DE FISURA “N.S: M”**

- Se deberá limpiar la fisura en toda su profundidad, utilizando herramientas manuales para remover el material que sea acumulado en la fisura.
- Posteriormente se debe limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la fisura y se le imprime aire para terminar la limpieza de la fisura.
- Una vez realizada la limpieza, se coloca el cordón de respaldo y se vierte el material de sello de forma cuidadosa, estando atento de seguir cualquier especificación del fabricante del sello.
- El material de sello que se puede utilizar en este caso puede ser asfalto líquido o alquitrán.

PARCHADO PARCIAL “N.S: A”

Como el nivel de severidad de la fisura de esquina es Alto y el descascaramiento es en la parte superior de la losa, es un indicativo que se debe remover el área afectada por medio de reparaciones parciales.

Una de las condicionantes para realizar una reparación o parcheo parcial es que el área mínima a reparar debe ser de por lo menos 30 cm de longitud y 10 cm de ancho, además la profundidad del parche no debe pasar como máximo hasta 1/3 del espesor de la losa.

El procedimiento que se debe seguir para la reparación de la presente fisura de esquina es:

- Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm mas allá del área afectada).
- Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.
- Pintar los límites de remoción.

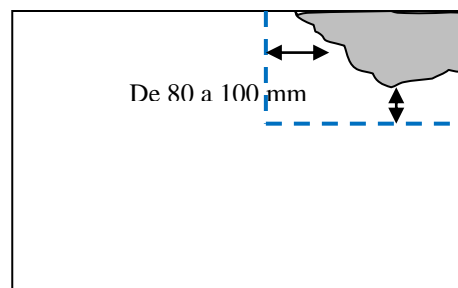


Fig. 4.5 Reparación Fisura de Esquina

- Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad entre 25 a 50 mm.
- La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 35 mm con martillos neumáticos ligeros hasta que quede expuesto el concreto sano. Para revisar si el concreto no se encuentra deteriorado a más profundidad golpear la superficie del concreto con una varilla de acero o un martillo, el sonido metálico indica un concreto bueno, mientras que un sonido hueco indica concreto pobre.

- El fondo del área removida se debe dejar rugosa e irregular para generar mayor adherencia con el concreto nuevo.
- Retirar los escombros con herramientas manuales una vez que se haya utilizado la herramienta neumática. Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar algún separador para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.
- En la superficie rugosa se vierte una lechada cementante para generar una unión entre los concretos. En seguida se coloca el concreto, se vibra para que disminuir los vacíos.
- Termine la superficie de la reparación al mismo nivel del pavimento circundante. Compacte la reparación hacia el exterior, del centro hacia el borde, empujando el material de la reparación hacia el exterior.
- Finalmente se le da un afinado igual al que presentaba la losa antes, se hace un adecuado curado y se sellan las juntas que sean necesarias.

4.10.4. Fisuras Inducidas "FI"

Técnica de Reparación: M; Sellado de fisuras con Asfalto líquido y A; Parchado en todo el espesor con concreto.

Proceso de Reparación:

SELLADO DE FISURAS CON ASFALTO LÍQUIDO “N.S: M”

El nivel de severidad es medio debido al ancho de la fisura y la poca presencia de despostillamiento, el proceso de reparación recomendado es el sellado de fisura con asfalto líquido.

- Se deberá limpiar la fisura en toda su profundidad, utilizando herramientas manuales para remover el material que sea acumulado en la fisura.
- Posteriormente se debe limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la fisura y se le imprime aire para terminar la limpieza de la fisura.

- Una vez realizada la limpieza, se coloca el cordón de respaldo y se vierte el material de sello de forma cuidadosa, aparte del asfalto líquido también se podría utilizar alquitrán que es muy común su uso en esta zona.

PARCHADO EN TODO EL ESPESOR CON CONCRETO “N.S: A”

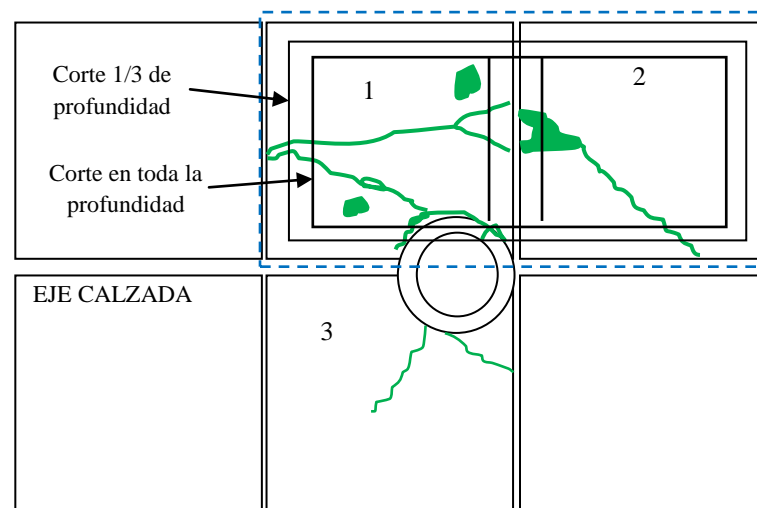
Tenemos un nivel de severidad alto y la altura de la losa es de 17 centímetros, se recomienda la reparación a profundidad total.

El área hacer removida, en este caso son 2 losas y la tercera losa se podría hacer solo un sellado de fisuras.

- El área hacer removida, se debe de marcar con pintura en la superficie del pavimento.
- Se deben hacer cortes en la dirección transversal y longitudinal con sierra a una profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa y unos 15 cm mas adentro que el área delimitada. Seguidamente se hacen cortes secundarios en todo el espesor a unos 30 cm hacia adentro del área marcada para poder retirar en parte el área de reparación, la demolición es una opción, se la puede realizar con la ayuda de un martillo neumático retirando luego el material mediante el uso de herramientas manuales.
- Una vez retirado el material de la parte interna que se corto se procede a demoler la parte que falta donde se encuentra las barras pasajuntas con mucho cuidado para no dañarlas ni doblarlas, este proceso se lo puede realizar con la ayuda de cinceles y combos o martillos.
- En este caso la superficie que va unirse con el concreto nuevo es el espacio de las juntas. La junta transversal que se demolió en la reparación se la debe volver a considerar en la misma ubicación con sus respectivas barras pasajuntas.
- Después de quitar el concreto existente y el material suelto, el área estará lista para la reparación. Si los trabajos de remoción dañan la sub base será necesario agregar y compactar nuevo material de sub base.

- Antes de colocar el concreto coloque separadores o material compresible en las juntas para evitar la adherencia entre tableros adyacentes. Para el colocado de de los pasajuntas de la losa uno a la dos ayudarse con canastillas durante el vaciado.
- Coloque el concreto en el área de reparación, distribuya el concreto uniformemente. Realice un vibrado normal para disminuir los vacíos, el concreto deberá ser de las mismas especificaciones del concreto viejo, utilice reglas para enrasar y terminar la superficie reparada, este procedimiento se realiza para las losas de una en una.
- Para la losa tres realice el sellado como si fuera una fisura inducida de severidad media (M).

Fig. 4.6 Reparación Fisura Inducida



4.10.5. Dislocamiento "DIS"

Técnica de Reparación: M; Resellado de Juntas y A; Parchado Profundo mas base granular.

Proceso de Reparación:**RESELLADO DE JUNTAS “N.S: M”**

El nivel de severidad es medio debido al desnivel entre, el proceso de reparación recomendado es el resellado de juntas.

- Retirar todo el vestigio de sello antiguo y materiales contaminantes.
- Se deberá limpiar la junta en toda su profundidad, utilizando herramientas manuales para remover el material que sea acumulado en la junta.
- Posteriormente se debe limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la junta y se le imprime aire para terminar la limpieza de la junta.
- Una vez realizada la limpieza se coloca el material de relleno antes de colocar el material de sello, posteriormente se coloca el cordón de respaldo y se vierte el material de sello en la junta de forma cuidadosa, el alquitrán es un material muy usado en el sello de pavimentos rígidos en bermejo.

PARCHADO PROFUNDO MÁS BASE GRANULAR “N.S: A”

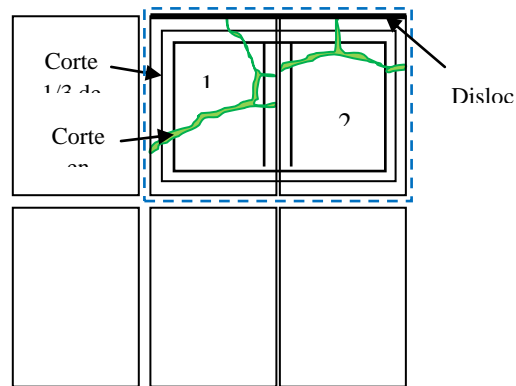
Como el nivel de severidad es alto y la altura de la losa es de 17 centímetros, se recomienda la reparación a profundidad total.

El área hacer removida, en este caso son 2 losas.

- El área hacer removida, se debe de marcar con pintura en la superficie del pavimento.
- Se deben hacer cortes en la dirección transversal y longitudinal con sierra a una profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa y unos 15 cm mas adentro que el área delimitada. Seguidamente se hacen cortes secundarios en todo el espesor a unos 30 cm hacia adentro del área marcada para poder retirar en parte el área de reparación, la demolición es una opción, se la puede realizar con la ayuda de un martillo neumático retirando luego el material mediante el uso de herramientas manuales.

- Una vez retirado el material de la parte interna que se cortó se procede a demoler la parte que falta donde se encuentra las barras pasajuntas con mucho cuidado para no dañarlas ni doblarlas, este proceso se lo puede realizar con la ayuda de cinceles y combos o martillos.
- En este caso la superficie que va unirse con el concreto nuevo es el espacio de las juntas. La junta transversal que se demolió en la reparación se la debe volver a considerar en la misma ubicación con sus respectivas barras pasajuntas.
- Después de quitar el concreto existente y el material suelto, el área estará lista para la reparación. Si los trabajos de remoción dañan la sub base será necesario agregar y compactar nuevo material de sub base.

- **Fig. 4.7 Reparación de Dislocamiento**



- Antes de colocar el concreto coloque separadores o material compresible en las juntas para evitar la adherencia entre tableros adyacentes. Para el colocado de los pasajuntas de la losa uno a la dos ayudarse con canastillas durante el vaciado.
- Coloque el concreto en el área de reparación, distribuya el concreto uniformemente. Realice un vibrado normal para disminuir los vacíos, el concreto deberá ser de las mismas especificaciones del concreto viejo, utilice reglas para enrasar y terminar la superficie reparada, este procedimiento se realiza para las losas de una en una.

4.10.6. Hundimiento "H"

Técnica de Reparación: M y A; Parchado Profundo mas base granular.

Proceso de Reparación:

PARCHADO PROFUNDO MÁS BASE GRANULAR “N.S: A”

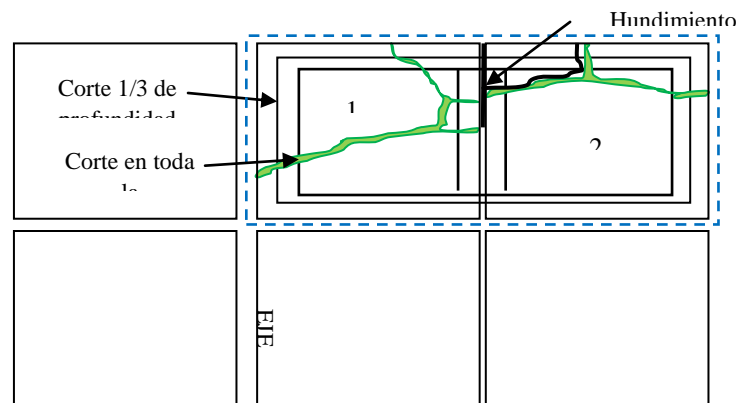


Fig. 4.8 Reparación Hundimiento

Como el nivel de severidad es medio y alto, además existen otras fallas en las losas, se recomienda la reparación a profundidad total.

El área a ser removida, en este caso son 2 losas.

- El área a ser removida, se debe de marcar con pintura en la superficie del pavimento.
- Se deben hacer cortes en la dirección transversal y longitudinal con sierra a una profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa y unos 15 cm más adentro que el área delimitada. Seguidamente se hacen cortes secundarios en todo el espesor a unos 30 cm hacia adentro del área marcada para poder retirar en parte el área de reparación, la demolición es una opción, se la puede realizar con la ayuda de un martillo neumático retirando luego el material mediante el uso de herramientas manuales.
- Una vez retirado el material de la parte interna que se cortó se procede a demoler la parte que falta donde se encuentra las barras pasajuntas con mucho

cuidado para no dañarlas ni doblarlas, este proceso se lo puede realizar con la ayuda de cinceles y combos o martillos.

- En este caso la superficie que va unirse con el concreto nuevo es el espacio de las juntas. La junta transversal que se demolió en la reparación se la debe volver a considerar en la misma ubicación con sus respectivas barras pasajuntas.
- Después de quitar el concreto existente y el material suelto, el área estará lista para la reparación. Si los trabajos de remoción dañan la sub base será necesario agregar y compactar nuevo material de sub base.
- Antes de colocar el concreto coloque separadores o material compresible en las juntas para evitar la adherencia entre tableros adyacentes. Para el colocado de las pasajuntas de la losa uno a la dos ayudarse con canastillas durante el vaciado.
- Coloque el concreto en el área de reparación, distribuya el concreto uniformemente. Realice un vibrado normal para disminuir los vacíos, el concreto deberá ser de las mismas especificaciones del concreto viejo, utilice reglas para enrasar y terminar la superficie reparada, este procedimiento se realiza para las losas de una en una.

4.10.7. Descascaramiento y Fisuras Capilares "DFC"

Técnica de Reparación: A; Parchado superficial con concreto.

Proceso de reparación:

PARCHADO SUPERFICIAL CON CONCRETO "N.S: A"

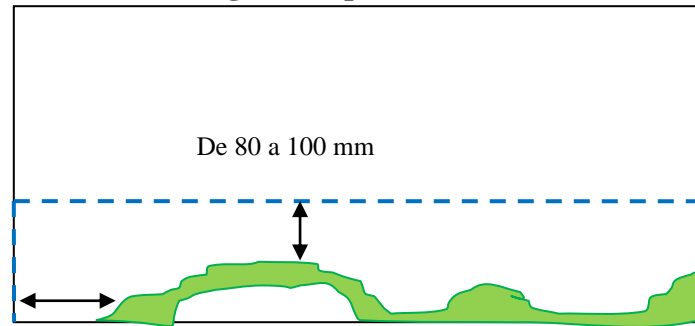
Como el descascaramiento es en la parte superior de la losa y el nivel de severidad es Alto, es un indicativo de remover el área afectada por medio de reparaciones parciales.

El procedimiento que se debe seguir para la reparación del descascaramiento es:

- Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm mas allá del área afectada).
- Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.

- Pintar los límites de remoción.

- **Fig. 4.9 Reparación Descascaramiento**



- Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad entre 25 a 50 mm.
- La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 35 mm con martillos neumáticos ligeros hasta que quede expuesto el concreto sano. Para revisar si el concreto no se encuentra deteriorado a más profundidad golpear la superficie del concreto con una varilla de acero o un martillo, el sonido metálico indica un concreto bueno, mientras que un sonido hueco indica concreto pobre.
- El fondo del área removida se debe dejar rugosa e irregular para generar mayor adherencia con el concreto nuevo.
- Retirar los escombros con herramientas manuales una vez que se haya utilizado la herramienta neumática. Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar algún separador para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.
- En la superficie rugosa se vierte una lechada cementante para generar una unión entre los concretos. En seguida se coloca el concreto, se vibra para que disminuir los vacíos.

- Termine la superficie de la reparación al mismo nivel del pavimento circundante. Compacte la reparación hacia el exterior, del centro hacia el borde, empujando el material de la reparación hacia el exterior.
- Finalmente se le da un afinado igual al que presentaba la losa antes, se hace un adecuado curado y se sellan las juntas que sean necesarias.

4.10.8. Bache "B"

Técnica de Reparación: M; Parchado en todo el espesor con concreto.

Proceso de Reparación:

PARCHADO EN TODO EL ESPESOR CON CONCRETO "N.S: M"

Nos encontramos con un bache con nivel de severidad medio y la altura de la losa es de 17 centímetros, se recomienda la reparación a profundidad total.

El área a ser removida es el parche que ya existía en la losa.

- Primero se debe realizar la limpieza del bache en toda su profundidad.
- Se deben hacer cortes en la dirección transversal y longitudinal con sierra a una profundidad de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa y unos 15 cm. más adentro que el área delimitada. Seguidamente se hacen cortes secundarios en todo el espesor a unos 30 cm. hacia adentro del área marcada para poder retirar en parte el área de reparación, la demolición es una opción, se la puede realizar con la ayuda de un martillo neumático retirando luego el material mediante el uso de herramientas manuales.
- Una vez retirado el material de la parte interna que se cortó se procede a demoler la parte que falta donde se encuentra las barras pasajuntas con mucho cuidado para no dañarlas ni doblarlas, este proceso se lo puede realizar con la ayuda de cinceles y combos o martillos.
- Después de quitar el concreto existente y el material suelto, el área estará lista para la reparación. Si los trabajos de remoción dañan la sub base será necesario agregar y compactar nuevo material de sub base.
- Antes de colocar el concreto coloque separadores o material compresible en las juntas para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.

- Coloque el concreto en el área de reparación, distribuya el concreto uniformemente. Realice un vibrado normal para disminuir los vacíos, el concreto deberá ser de las mismas especificaciones del concreto viejo, utilice reglas para enrasar y terminar la superficie reparada.

4.10.9. Deficiencia en el Material de sello "DMS"

Técnica de Reparación: M y A; Resellado de Juntas

Proceso de Reparación:

RESELLADO DE JUNTAS "N.S: M y A"

Tenemos un nivel de severidad medio y alto debido a la pérdida del material de sello en forma parcial y total de las juntas transversales e longitudinales, el proceso de reparación recomendado es el resellado de juntas.

- Retirar todo el vestigio de sello antiguo y materiales contaminantes.
- Se deberá limpiar la junta en toda su profundidad, utilizando herramientas manuales para remover el material que sea acumulado en la junta.
- Posteriormente se debe limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la junta y se le imprime aire para terminar la limpieza de la junta.
- Una vez realizada la limpieza se coloca el material de relleno antes de colocar el material de sello, posteriormente se coloca el cordón de respaldo y se vierte el material de sello en la junta de forma cuidadosa, el alquitrán es un material muy usado como sellante de juntas.

4.10.10. Despostillamiento "DESP"

Técnica de Reparación: B; Resellado de juntas y M; Parchado superficial con concreto fino.

Proceso de reparación:

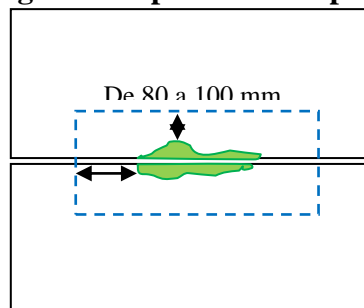
PARCHADO SUPERFICIAL CON CONCRETO FINO “N.S: M”

Como el despostillamiento es en la parte superior de la losa y el nivel de severidad es medio, es un indicativo de remover el área afectada por medio de reparaciones parciales.

El procedimiento que se debe seguir para la reparación es:

- Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm mas allá del área afectada).
- Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.
- Pintar los límites de remoción.

- Fig. 4.10 Reparación Despostillamiento



- Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad entre 25 a 50 mm.
- La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 35 mm con martillos neumáticos ligeros hasta que quede expuesto el concreto sano. Para revisar si el concreto no se encuentra deteriorado a más profundidad golpear la superficie del concreto con una varilla de acero o un martillo, el sonido metálico indica un concreto bueno, mientras que un sonido hueco indica concreto pobre.
- El fondo del área removida se debe dejar rugosa e irregular para generar mayor adherencia con el concreto nuevo.

- Retirar los escombros con herramientas manuales una vez que se haya utilizado la herramienta neumática. Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar algún separador para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.
- En la superficie rugosa se vierte una lechada cementante para generar una unión entre los concretos. En seguida se coloca el concreto, se vibra para que disminuir los vacíos.
- Termine la superficie de la reparación al mismo nivel del pavimento circundante. Compacte la reparación hacia el exterior, del centro hacia el borde, empujando el material de la reparación hacia el exterior.
- Finalmente se le da un afinado igual al que presentaba la losa antes, se hace un adecuado curado y se sellan las juntas que sean necesarias.

4.10.11. Fisura por Mal Funcionamiento de Juntas "FMFJ"

Técnica de Reparación: M y A; Parchado superficial con concreto.

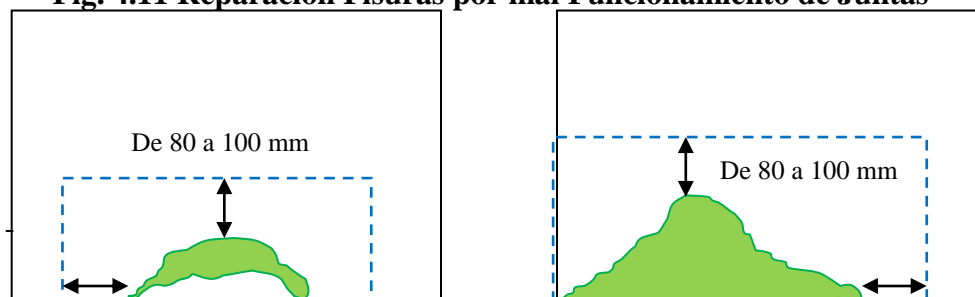
Proceso de reparación:

PARCHADO SUPERFICIAL CON CONCRETO "N.S: M y A"

El procedimiento que se debe seguir para la reparación es:

- Definir el área a remover (entre 80 a 100 mm mas allá del área afectada).
- Definir áreas cuadradas y rectangulares para que la remoción del concreto sea más fácil.
- Pintar los límites de remoción.

Fig. 4.11 Reparación Fisuras por mal Funcionamiento de Juntas



- Efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. El corte de la sierra debe tener una profundidad entre 25 a 50 mm.
- La superficie se debe remover en una profundidad mínima de 35 mm con martillos neumáticos ligeros hasta que quede expuesto el concreto sano. Para revisar si el concreto no se encuentra deteriorado a más profundidad golpear la superficie del concreto con una varilla de acero o un martillo, el sonido metálico indica un concreto bueno, mientras que un sonido hueco indica concreto pobre.
- El fondo del área removida se debe dejar rugosa e irregular para generar mayor adherencia con el concreto nuevo.
- Retirar los escombros con herramientas manuales una vez que se haya utilizado la herramienta neumática. Como nuestra remoción se efectúa cerca de una junta longitudinal y transversal, antes de verter el concreto se debe colocar algún separador para evitar la adherencia entre tableros adyacentes.
- En la superficie rugosa se vierte una lechada cementante para generar una unión entre los concretos. En seguida se coloca el concreto, se vibra para que disminuir los vacíos.
- Termine la superficie de la reparación al mismo nivel del pavimento circundante. Compacte la reparación hacia el exterior, del centro hacia el borde, empujando el material de la reparación hacia el exterior.
- Finalmente se le da un afinado igual al que presentaba la losa antes, se hace un adecuado curado y se sellan las juntas que sean necesarias.

4.10.12. Parchados y Reparaciones "PR"

Técnica de Reparación: M; Sellado de fisuras y A; Parchado en todo el espesor con concreto.

Proceso de Reparación:**SELLADO DE FISURAS “N.S: M”**

Nos encontramos con una reparación o parchado con un nivel de severidad medio debido al ancho de la fisura y la poca presencia de despostillamiento, el proceso de reparación será:

- Se deberá limpiar la fisura en toda su profundidad, utilizando herramientas manuales para remover el material que sea acumulado en la fisura.
- Posteriormente se debe limpiar con un cepillo de acero, tal que asegure la eliminación de cualquier material extraño o suelto que se encuentre alojado en la fisura y se le imprime aire para terminar la limpieza de la fisura.
- Una vez realizada la limpieza, se coloca el cordón de respaldo y se vierte el material de sello de forma cuidadosa, aparte del asfalto líquido también se podría utilizar alquitrán que es muy común su uso en esta zona.

4.11. Características Técnicas del Asfalto en Reparación

Se procederá inicialmente a la limpieza del área objeto de trabajo. Esta limpieza se hará con esmero y detalle a lo largo de la junta por sellar, utilizando para ello aire a presión mediante compresor neumático de un mínimo de 185 CFM, el cual debe de contar con trampa de agua y se limpiara tanto el espacio de grieta como el área adyacente a la misma, en un ancho no menor de 0.20 m para estar libre de polvo, arcilla o de cualquier otro material, previo a continuar con la siguiente operación.



Fig. 4.12 Limpieza de juntas

Colocación y verificación del material de apoyo, en este caso se utilizara poliuretano resistente a altas temperaturas (200 °C).

HOT ROD POLYETHYLENE BACKER ROD

Instalación de sellador elástico basado en asfalto modificado con polímeros SBS, de un componente, aplicado en caliente a la temperatura recomendada por el fabricante. Mediante un equipo de combustión o caldera que permita controlar y verificar la temperatura y presión de aplicación. Este producto tiene buena adherencia con el concreto. Cumpliendo las siguientes normas:



Fig. 4.13 sellado de juntas

Especificaciones técnicas a cumplir: requerimiento de ASTM D6690 Tipo I “selladores para juntas y grietas” aplicados en caliente para pavimentos de concreto y asfálticos.

Requerimientos técnicos que el producto debe de exceder:

ASTM D6690, Tipo I, (antes ASTM D1190, AASHTO M173) y Federal specification SS-S-164.

Criterio para el producto: Cumplimiento de especificaciones material tipo I de la norma ASTM D6690-1.

El producto a utilizar es de un componente aplicado en caliente y cumple con:

TEST ASTM D6690, TIPO I LIMITS.

Cono de penetración, (25°C) 90 máx.

Modulo de elasticidad, (25°C) 60% min.

Flujo, (60°C) 5mm máx.

Adherencia, -20°C, 50% ext. Pasa 5 ciclos

Compatibilidad con el asfalto, compatible

Temperatura recomendado para aplicación 193°C

Temperatura máxima de calentamiento 210°C

5.1. Conclusiones

- Se finalizo exitosamente la evaluación superficial del tramo de la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo llegando a la conclusión de que este se encuentra en mal estado, en la clasificación que relaciona las tres metodologías empleadas en el estudio y lo ubica como un tramo pavimentado en estado MALO.
- Al realizar el proceso de medición en la practica de campo se pudo observar que las fallas que se presenta generalmente en todo el tramo es la fisura longitudinal de las losas la cual según catálogos de fallas y manuales de evaluación y mantenimiento de carreteras, estas son causadas por la repetición de cargas, perdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad o por las deficiencias en la ejecución de estas y/o sus juntas longitudinales. Todas estas posibles causas se presentan en el tramo ya que por el mismo circulan una gran cantidad de vehículos, esta falla presenta mayor severidad donde la carretera esta fundada sobre terraplén y además en la zona las temperaturas máximas son altas. También cabe recalcar la excesiva rugosidad que existe en el tramo de estudio por la circulación de vehículos.
- Hay que hacer notar la gran importancia que tienen los sistemas de evaluación y mantenimiento en las carreteras ya que estos ayudan a prevenir y mantener nuestras carreteras en buen estado y lograr que estas cumplan su ciclo de vida útil ofreciendo al usuario comodidad, confort y seguridad en su desplazamiento por las mismas.
- Para la evaluación superficial de carreteras en general existen varios métodos y metodologías pero entre las mas importantes están la metodología del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) que mide las deformaciones longitudinales del pavimento, el Índice de Condición del Pavimento que se encarga de indicar el estado de la condición actual del pavimento en función al tipo, cantidad y severidad de las fallas y el Índice de Serviciabilidad Presente que esta orientado mundialmente a medir el confort que brinda el

camino al usuario, en función de las fallas y daños del pavimentos; todas estas metodologías fueron planteadas para el desarrollo de este proyecto y que dieron resultados relacionados con la realidad del estado en que se encuentra el tramo evaluado.

- En conclusión con el resultado obtenido con la metodología del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se puede decir que este, con un valor de: $IRI = 5.16$. Se encuentra en el rango 2.8 – 5.2 del cuadro N° 4.12 que clasifica el estado del pavimento en regular pero si observamos bien las fallas que se presentan y por tratarse de un pavimento antiguo tendría la tendencia de indicar un estado del pavimento Muy Malo aunque este índice no entre en relación con los otros dos índices, no indica lo contrario a estos índices sino mas bien corrobora a esos resultados.

- Se puede decir también que los índices de Condición y Serviciabilidad ambos fundamentados en las fallas y daños superficiales, al haber dado como resultado los valores:

$$PCI = 35.26$$

$$PSI = 1.97$$

Permiten relacionarlos de acuerdo al cuadro N°4.12 dentro de los rangos PCI (20 – 40) clasificando el estado del pavimento en Muy Pobre y PSI (1 – 2.5) clasificando el estado del pavimento en Regular, también indican la realidad del estado actual de este tramo evaluado. Siendo de conocimiento general de la población el mal estado de este tramo vial.

- Es importante hacer notar que para tener resultados lo mas precisos posibles y confiables del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) se debe analizar minuciosamente las fallas medidas de cada tramo, tener experiencia con un conocimiento amplio de esta metodología.
- También para la obtención de datos y mediciones precisas es muy importante contar con el equipo adecuado en buenas condiciones, el material

necesario y el personal requerido, el cual debe ser la menos orientado acerca de las metodologías que se utilizaran en la medición de datos.

- La cuantificación de las fallas que se presentaron en el pavimento rígido fueron anotadas en planillas, las mismas se encuentran en el ANEXO N° 2, su incidencia de estas están reflejadas en el resultado final de este trabajo (Estado del pavimento Malo).
- Las soluciones que se recomiendan para el tramo evaluado tal vez desde el punto de vista teórico práctico que presentan los catálogos y manuales de mantenimiento y conservación de carreteras no son las apropiadas pero cabe resaltar el segundo aspecto que el autor tomó antes de dar las soluciones, el mismo indica lo siguiente: El aspecto más importante que se debe tomar en cuenta para dar la solución a este problema que se presenta en dicho tramo vial es la importancia de esta Avenida que es una de las principales arterias de la ciudad. Es por esta razón que no es conveniente realizar la restitución total de la vía en estudio.
- El material utilizado para las juntas y para el sellado de fisuras es el asfalto modificado con polímero.
- Respecto a los procesos constructivos de las diferentes fallas mencionadas en el capítulo IV y visualizadas en la avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo se puede notar que existen dos clases de soluciones comunes que son el sellado de fisuras para niveles de severidad de bajo a medio y el parchado o reposición del pavimento para las fallas de nivel de severidad alto.
- La solución que es tomada en cuenta en la ciudad de Bermejo es el que mencionamos anteriormente sellado de fisuras y la reposición del pavimento, pero solo la reposición del área afectada. Viendo desde el punto de vista económico el precio de la reposición del pavimento rígido no sobrepasa una obra de contratación menor que es hasta 20000 bolivianos.

- De acuerdo al perfil longitudinal de la vía realizada por cuadras se puede verificar que tenemos pendientes hasta de 2% lo que es bueno para que el agua no se estanque y pueda circular para que el pavimento no se deteriore. También podemos mencionar que la vía cuenta con bocas de tormenta que facilitan el drenaje de las lluvias.

- El costo de reconstrucción del pavimento de la Avenida Bolívar de la ciudad de Bermejo es aproximadamente de 2.825.124,96 Bs y el costo de reparación de cada falla es de 18.460,87 Bs, por lo que poniendo un aproximado de 12 fallas por cuadra, que llegaría a cubrir el costo de reconstrucción.

5.2. Recomendaciones

- Interiorizarse y enriquecer los conocimientos acerca del tema en estudio para llevar adelante la realización del mismo sin inconvenientes ni contratiempos que vayan a demorar la finalización de este trabajo.
- El empleo de asfaltos de baja penetración disminuyen el riesgo de las deformaciones plásticas en las mezclas asfálticas, también el empleo de modificadores asfálticos, en especial de los polímeros EVA, favorece de manera muy considerable su comportamiento, aumentando la resistencia a las altas temperaturas, lo que conduce a un comportamiento elástico de la misma, recuperando todas las deformaciones inducidas por las cargas del tráfico.
- Asegurarse de contar con todo el equipo, material de trabajo y personal antes de ir a realizar la practica con el fin de evitar contratiempos
- Si se busca resultados de manera mas precisa de la evaluación superficial de pavimentos, se recomienda aquellos obtenidos por el método del IRI y el PCI, ya que estos involucran un levantamiento topográfico y la cuantificación de los diversos tipos de fallas existentes y sus niveles de severidad con respecto a los daños que se manifiestan en los pavimentos rígidos.
- Para realizar el levantamiento de datos, uno tiene que asegurarse de contar con una planilla que sea capaz de reflejar lo que se ve en el lugar de estudio ya que esto facilitara de sobremanera el proceso y análisis en gabinete.
- Para definir las losas a ser evaluadas en los tramos de estudio, se recomienda recorrerlas al menos 3 veces, para asegurarse de estar escogiendo los sub-tramos mas representativos de dicho tramo.
- Tomar las provisiones necesarias en la implementación de servicios públicos como ser: (agua potable, alcantarillado, gas y otros) para evitar la posterior destrucción de las losas en caso de falla o mal funcionamiento de los mencionados servicios.
- Deben analizarse nuevas formas de sellado de juntas, ya que el uso de alquitrán para este efecto no es recomendable dada su baja resistencia al intemperismo, una vez que el sello deja pasar las aguas a las capas inferiores del pavimento el deterioro del mismo se acelera reduciendo considerablemente su vida útil.