

CAPÍTULO I

PERFIL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

En los tiempos actuales ha existido un incremento del parque automotor en las ciudades urbanas cuya consecuencia de mayor volumen de tráfico en vías urbanas es el deterioro de los pavimentos, dejando ese deterioro en la mayoría de los casos que avance hasta llegar a un colapso del pavimento que puede concluir con la necesidad de una rehabilitación extrema o reposición completa.

Para lograr una evaluación real de las condiciones que han generado el deterioro de las vías urbanas, es necesario una evaluación superficial y estructural que permita establecer valores que finalmente sirvan para tomar acciones de reparación, rehabilitación o reposición, sin embargo muchos estudios de evaluación no concluyen con las causas del deterioro, por ello es necesario realizar una evaluación forense que concluya con causales que han originado el deterioro que pudieran evitarse en otras áreas urbanas o en las mismas luego de ser rehabilitados los pavimentos.

La presente investigación es necesaria para profundizar los conceptos de la Ingeniería Civil en lo concerniente a la evaluación forense de pavimentos, y para brindar una especie de guía a las entidades relacionadas con los pavimentos rígidos en vías urbanas, facilitando que puedan tener una secuencia lógica de los estudios, proyectando obtener soluciones particulares en parámetros identificados como causantes del problema. El interés específico de este desarrollo es obtener resultados objetivos, analíticos y actuales, de manera tal que, sirva como una guía para que la administración competente pueda determinar las políticas y estrategias de intervención, para todo tipo y clase de red vial, con la finalidad de lograr así que estas estrategias, resulten en inversiones eficientes y eficaces ante los limitados fondos públicos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Determinar los daños como el nivel de influencia a la población de un pavimento rígido es importante en la infraestructura vial urbana ya que de manera general en las vías urbanas los pavimentos no solamente sirven para el transporte de personas y bienes, si no que contribuyen al desarrollo social, en el cual el ciudadano desarrolla sus actividades cotidianas, influyendo en forma significativa en su calidad de vida, trayendo consigo también el desarrollo de la ciudad, por consiguiente las vías deben estar diseñadas con el método adecuado de manera que ayuden a mejorar la calidad de vida del población.

Los pavimentos rígidos en las construcciones de carreteras o vías tienen un periodo de tiempo más durable y requerido de un mantenimiento mínimo que los otros tipos de pavimentos: también puede ser que tenga mayor resistencia al volumen del tráfico que circula, sin embargo, es necesario la evaluación de algunas patologías que puede presentar por ciertas causas y como solucionarlos, de esta manera contribuyendo con nuevos conocimientos, informaciones técnicas a la pavimentación.

El país como en la ciudad de Entre Ríos tienen la necesidad de construir infraestructura vial garantizarle y duradera para capitalizar adecuadamente los niveles de crecimiento económico y así mismo, para aprovechar los beneficios que traen los múltiples tratados de libre comercio.

Es necesario disponer de una guía para una evaluación forense a un pavimento cuya construcción es de años atrás y que ya ha tenido servicio al tráfico por una determinada vida útil, habiendo llegado a un deterioro extremo sin una causante determinada.

Particularmente en nuestro medio la concientización sobre la importancia de mantener a los pavimentos en condiciones aptas para la circulación sin que esta muestre deterioros significativos que van en constante aumento con el riesgo de una pérdida total del pavimento.

Significará un aporte académico importante porque su estudio es muy útil en las materias de la carrera de ingeniería civil por lo que se hace necesario la necesidad de profundizar para que el documento resulte un producto de consulta.

1.3 SITUACIÓN PROBLÉMICA

Los pavimentos rígidos que están al servicio del tráfico durante su vida útil, a medida que avanzan los años estos pavimentos se van deteriorando y aparecen las fallas superficiales y estructurales que deben determinarse sus causas para buscar las causas que pueden identificarse dentro de una evaluación forense que oriente a la búsqueda de soluciones.

Algunas causas que nos llevan al deterioro de los pavimentos rígidos son:

Agregados

- Forma.
- Resistencia.
- Abrasión.
- Desgaste.
- Limpieza.
- Afinidad con el suelo y el concreto.
- Contenido de humedad.
- Contaminación.

Concreto

- Proporciones de la mezcla.
- Temperatura de la mezcla.
- Contenido de humedad de los agregados.
- Compatibilidad de los agregados.

Construcción

- Velocidad de fragua.
- Horario de Vaciado del concreto.
- Variaciones en la calidad y espesor.
- Juntas.
- Curado.

Cargas

- Carga por eje.
- Cantidad de vehículos.
- Velocidad de circulación.
- Periodo de diseño.
- Canalización de tráfico.

Medio ambiente

- Radiación UV.
- Rango de temperatura.
- Gradiente térmico.
- Contenido de humedad.
- Precipitaciones pluviales y drenaje.

Siendo los factores que causan el deterioro de los pavimentos. Los factores más comunes que afectan el comportamiento del pavimento son: las cargas que se interponen por el tránsito pesado, pues no respetan las condiciones de carga que debe tener el pavimento y ocasionan desgaste, también otros de los factores son las condiciones ambientales.

Insuficiente estabilidad de las mezclas asfálticas por inadecuada compactación o deficiente dosificación.

Espesores de pavimento insuficientes para las repeticiones de cargas soportadas.

Exagerado incremento en las cargas del tránsito.

Es necesario en todo pavimento deteriorado y con muchas fallas poder determinar las causas y factores que indujeron a ese estado deteriorado a través de una evaluación forense.

1.3.1 Problemas específicos

a) ¿Cuáles son las mayores fallas encontradas en el Pavimento Rígido durante la localidad de Entre Ríos?

b) ¿Cuáles son las fallas de mayor severidad que presenta el Pavimento Rígido en la presente localidad?

1.3.2 Problema

¿Será que a través de una metodología establecida por una guía forense se pueden determinar las causas que ocasionan las condiciones de deterioro en los pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico de la Ciudad de Entre Ríos?

1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

- Realizar una propuesta de guía forense y su aplicación a través de estudios realizados a vías urbanas en la Ciudad de Entre Ríos utilizando metodologías suficientes y adecuadas para evaluar al pavimento y plantear soluciones a las condiciones existentes de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico de los pavimentos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir los conceptos y principios de los pavimentos.
- Describir las características particulares de los pavimentos urbanos.
- Proponer una guía forense para evaluar las causales del deterioro de los pavimentos urbanos y su aplicabilidad en vías urbanas identificadas en la Ciudad de Entre Ríos.
- Realizar una aplicación de la metodología planteada en la guía forense para evaluar el deterioro de tramos de la red vial urbana de la Ciudad de Entre Ríos en puntos críticos de condición de pavimentos.
- Proponer acciones correctivas para los pavimentos en los puntos críticos definidos con condiciones de deterioro extremo en los pavimentos.
- Establecer conclusiones y recomendaciones a partir de los resultados obtenidos.
- Ejecutar este caso al término de acción específica, que contribuye de manera esencial al cumplimiento al objetivo general.

1.5 HIPÓTESIS

Si se realizara la evaluación forense en pavimento que tiene bastante deterioro dentro de su ciclo de vida útil y volumen de tráfico, entonces podremos encontrar las acciones que debemos realizar para rehabilitar dicho pavimento.

1.6 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance del presente proyecto de grado “**PROPUESTA DE GUÍA FORENSE PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN VÍAS URBANAS DE ACUERDO AL TIEMPO DE VIDA ÚTIL Y VOLUMEN DE TRÁFICO**”, se tiene como fin establecer soluciones apropiadas para determinar el porqué de las fallas en el pavimento rígido y encontrar soluciones donde pueda ser de gran utilidad para nuestro medio como nueva alternativa.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE PAVIMENTO Y SUS DETERIOROS

2.1 DEFINICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO

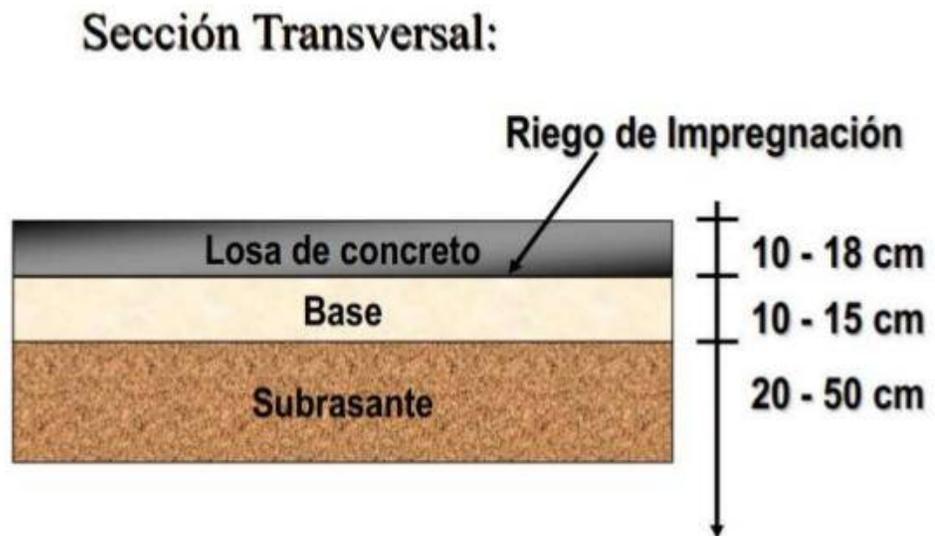
2.1.1 Pavimento

El pavimento por definición, es una estructura heterogénea de suelos y rocas naturales, que el ingeniero toma, procesa y transforma, para formar capas resistentes que, en su conjunto, soporten cargas que le transmitirán los vehículos y sujetas a los agentes naturales de la región, durante toda su vida útil de servicio.

2.1.2 Pavimento rígido

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Figura 2.1 Elementos de construcción para un pavimento de concreto.



Fuente: Londoño Naranjo y Álvarez Pabón, 2008.

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

Son aquellos en los que la losa de concreto de cemento Portland es el principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión.

Por su mayor rigidez distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las losas adyacentes que trabajan en conjunto con la que recibe directamente la carga.

Este tipo de pavimentos no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Generalmente, el mantenimiento que requiere es mínimo y comúnmente solo se efectúa en las juntas de las losas.

Figura 2.2 Superficie de pavimento de concreto rígido.



Fuente: Londoño Naranjo & Álvarez Pabón, 2008.

2.2 TIPOS DE PAVIMENTO RÍGIDO

Existen 5 tipos de pavimentos rígidos:

- De hormigón simple.
- De hormigón simple con barras de transferencia de carga.
- De hormigón reforzado y con refuerzo continuo.
- De hormigón presforzado.
- De hormigón fibroso.

2.2.1 Los pavimentos de hormigón simple

Se construyen sin acero de refuerzo y sin barras de transferencia de cargas en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las dos caras agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o corte de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso tener losas cortas. Este tipo de pavimento se recomienda generalmente para casos en que el volumen de tránsito es de tipo mediano o bajo.

2.2.2 Los pavimentos de hormigón simple con barras de transferencia de carga

Se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo, en ellos se disponen de barras lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de cargas, requiriéndose también que las losas sean cortas para controlar el agrietamiento.

2.2.3 Los pavimentos reforzados

Contienen acero de refuerzo y pasa juntas en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.

2.2.4 Los pavimentos con refuerzo continuo

Por su parte, se construyen sin juntas de contracción. Debido a su continuo contenido de acero en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan

fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia de refuerzo, se desarrolla una gran transferencia de carga en las caras de las fisuras.

Normalmente un espaciamiento de juntas que no exceda los 4.50m tienen un buen comportamiento en pavimentos de hormigón simple, así como uno no mayor a 6m en pavimentos con pasa juntas, ni superior a 12 m en pavimentos reforzados. Espaciamientos mayores a estos, han sido empleados con alguna frecuencia, pero han generado deterioros, tanto en las juntas, como en las fisuras transversales intermedias.

2.2.5 Los pavimentos con hormigón presforzado

Están constituidos a base de losas que han sido previamente esforzadas y de esta manera no contienen juntas de construcción. Se han ensayado varios sistemas de presfuerzo y postensado con el fin de llegar a soluciones de pavimentos de espesor reducido, gran elasticidad y capacidad de soporte, y reducción de juntas. Gracias al sistema de presfuerzo se han podido construir losas de más de 120 m de longitud, con una reducción del 50% del espesor de la losa. Sin embargo, pese a los esfuerzos para desarrollar esta técnica, en carreteras se han producido más dificultades que ventajas. Ha tenido en cambio más aplicación en aeropuertos en los cuales ha habido casos de un comportamiento excelente, tanto en pistas como en plataformas.

2.2.6 Los pavimentos de hormigón fibroso de acero

En este tipo de losas, el armado consiste en fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente, gracias a lo cual se obtienen ventajas tales como el aumento de la resistencia a la tensión y a la fatiga, fisuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, etc. con una dosificación de unos 40 kg/m³ de hormigón, es posible reducir el espesor de la losa en 30 % y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que puede resultar atractivo su uso en ciertos casos a pesar de su costo.

Existen otros tipos de técnicas aplicadas a los pavimentos rígidos en donde se otorgan soluciones idóneas y se logre una óptima calidad de las obras. Lo dicho

vale tanto para el caso de obras nuevas, como para el de reparaciones y rehabilitaciones.

2.2.7 Los pavimentos de hormigón fibroso

En este tipo de losas, el armado consiste en fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente, gracias a lo cual se obtienen ventajas tales como el aumento de la resistencia a la tensión y a la fatiga, fisuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, etc. con una dosificación de unos 40 kg/m³ de hormigón, es posible reducir el espesor de la losa en 30 % y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que puede resultar atractivo su uso en ciertos casos a pesar de su costo.

Existen otros tipos de técnicas aplicadas a los pavimentos rígidos en donde se otorgan soluciones idóneas y se logre una óptima calidad de las obras. Lo dicho vale tanto para el caso de obras nuevas, como para el de reparaciones y rehabilitaciones.

Se incluyen los siguientes temas: hormigón para rápida habilitación al tránsito (fast-track), construcción de un pavimento de hormigón sobre pavimento asfáltico existente (whitetopping).

Sistema fast track mezcla de hormigón empleado en los pavimentos rígidos que requieren entregarse en servicio muy rápidamente, es decir, con muy altas resistencias iniciales. Es muy usual realizar este trabajo en horas de la noche cuando las temperaturas son muy bajas.

El hormigón fast track permite alcanzar la resistencia a la compresión y resistencia de diseño a partir de las 12 horas de colocada la mezcla dependiendo de las condiciones climáticas.

Es ideal para pavimentos que deben ser entregados al servicio a edades tempranas y obtiene un mejor desarrollo de resistencias del hormigón para un más rápido avance de la obra.

Sistema white topping es un sistema de recuperación de pavimentos flexibles mediante la construcción de losas de hormigón (mayores a 10 cm de espesor)

sobre el pavimento flexible. El pavimento se asume como un suelo con muy buena capacidad portante.

Este tipo de sistema se coloca directamente sobre el pavimento existente, es ideal para rehabilitación de pavimentos flexibles que no han completado su periodo de servicio y tiene una mayor economía en su construcción.

2.3 TIPOS DE FALLAS

En el presente capítulo se presenta una descripción de los diferentes tipos de daños que puede presentar un pavimento rígido, los cuales fueron agrupados en cuatro categorías generales:

2.3.1 Blowup - buckling

Descripción: Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

Niveles de severidad

L: Causa una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Causa una calidad de tránsito de severidad media.

H: Causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

En una grieta, un blowup se cuenta como presente en una losa. Sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del blowup deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.

M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

Figura 2.2.3.1 a) Blowup / buckling de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.1 b) Blowup / buckling de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.1 c) Blowup / buckling de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.2 Grieta de esquina

Descripción: Una grieta de esquina es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera grieta de esquina sino grieta diagonal; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una grieta de esquina. Una grieta de esquina se diferencia de un descascaramiento de esquina en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

Niveles de severidad

L: La grieta está definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.

M: Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M)

H: Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas está muy agrietada.

Medida

La losa dañada se registra como una (1) losa si:

1. Sólo tiene una grieta de esquina.
2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.
3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una grieta de esquina de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con una grieta de esquina media.

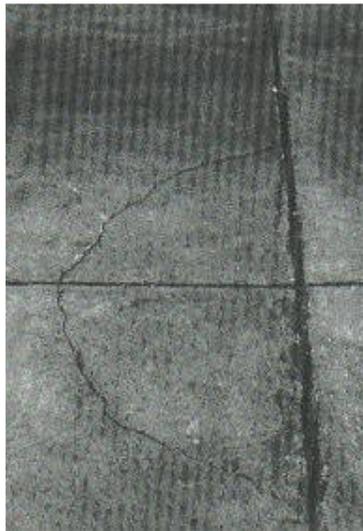
Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

Figura 2.2.3.2 a) Grieta de esquina de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.2 b) Grieta de esquina de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.2 c) Grieta de esquina de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.3 Losa dividida

Descripción: La losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa.

Niveles de severidad

En la tabla 1 se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Tabla 2.1 Niveles de severidad para losa dividida.

Severidad de la mayoría de las grietas.	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 o más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: Elaboración propia.

Medida

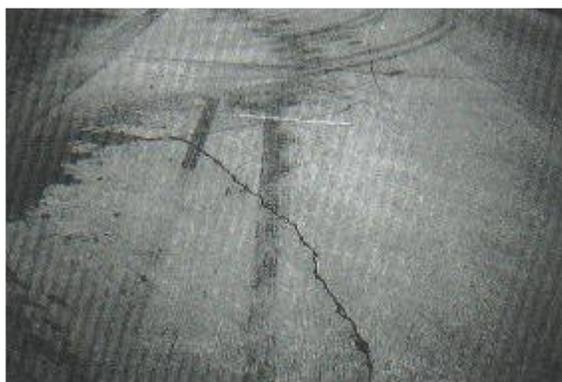
Si la losa dividida es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

Figura 2.2.3.3 a) Losa dividida de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.3 b) Losa dividida de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.3 c) Losa dividida de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.4 Grieta de durabilidad “D”

Descripción: Las grietas de durabilidad “D” son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las grietas “D”. Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

Niveles de severidad

L: Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.
2. Las grietas “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

H: Las grietas “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

Medida

Cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si grietas “D” de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas.

H: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa.

Figura 2.2.3.4 a) Grieta de durabilidad de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.4 b) Grieta de durabilidad de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.4 c) Grieta de durabilidad de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.5 Escala

Descripción: Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Niveles de severidad

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en la tabla 2.

Tabla 2.2 Niveles de severidad para escala.

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

Fuente: Elaboración propia.

Medida

La escala a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas.

Las escalas a través de una grieta no se cuentan como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.

Figura 2.2.3.5 a) Escala de baja severidad.



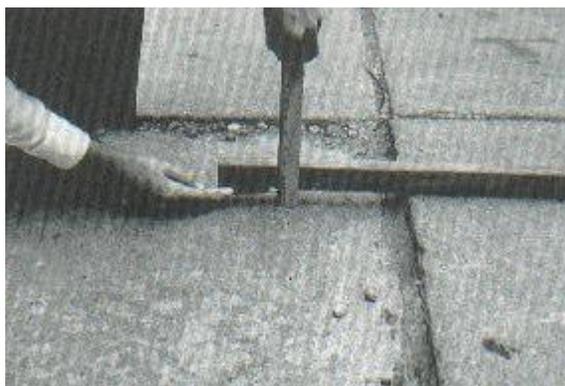
Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.5 b) Escala de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.5 c) Escala de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.6 Daño del sello de la junta

Descripción: Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascamiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

Niveles de severidad

L: El sellante está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

M: Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

H: Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.

Medida

No se registra losa por losa, sino que se evalúa con base en la condición total del sellante en toda el área.

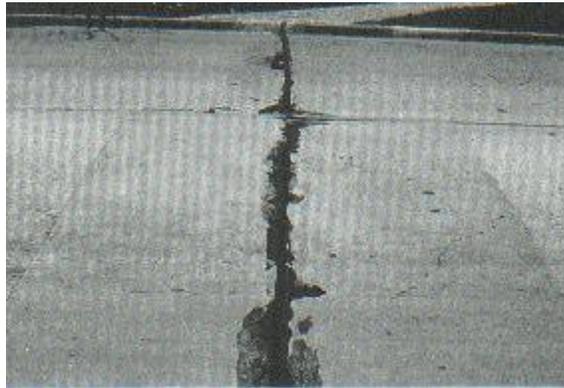
Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Resellado de juntas.

H: Resellado de juntas.

Figura 2.2.3.6 a) Daño del sello de junta de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.6 b) Daño del sello de junta de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.6 c) Daño del sello de junta de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.7 Desnivel carril / berma

Descripción: El desnivel carril / berma es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad.

También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.

Nivel de severidad

L: La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm.

M: La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.

H: La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.

Medida

El desnivel carril / berma se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.

Opciones de reparación

L, M, H: Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.

Figura 2.2.3.7 a) Desnivel carril / berma de baja severidad.



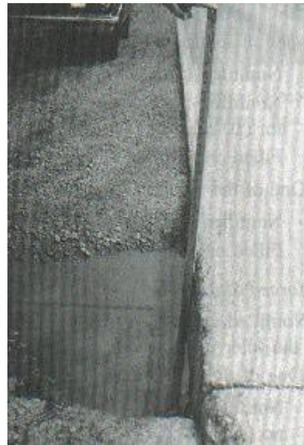
Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.7 b) Desnivel carril / berma de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.7 c) Desnivel carril / berma de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.8 Grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales)

Descripción: Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad.

Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como losas divididas. Comúnmente, las grietas de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las grietas capilares, de pocos pies de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa, se contabilizan como grietas de retracción.

Niveles de severidad

Losas sin refuerzo

L: Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

Losas con refuerzo

L: Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

Medida

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad.

Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como losas divididas. Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en “losas” de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

Figura 2.2.3.8 a) Grietas lineales de baja severidad en losa de concreto simple.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.8 b) Grietas lineales de severidad media en losa de concreto.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.8 c) Grietas lineales de alta severidad en losa de concreto simple.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.9 Parche grande (mayor de 0.45 m²) y acometidas de servicios públicos

Descripción: Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos (utility cut) es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una excavación de servicios son los mismos que para el parche regular.

Niveles de severidad

L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.

H: El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

Medida

Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad. Si la causa del parche es más severa, únicamente el daño original se cuenta.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche.

Figura 2.2.3.9 a) Parche grande y acometidas de servicios públicos.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.9 b) Parche grande y acometidas de servicios públicos.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.9 c) Parche grande y acometidas de servicios públicos.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.10 Parche pequeño (menor de 0.45 m²)

Descripción: Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

Niveles de severidad

L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El parche está moderadamente deteriorado. El material del parche puede ser retirado con considerable esfuerzo.

H: El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.

Medida

Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.

Opciones de Reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

Figura 2.2.3.10 a) Parche pequeño de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.10 b) Parche pequeño de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.10 c) Parche pequeño de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.11 Pulimento de agregados

Descripción: Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

Niveles de severidad.

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.

Medida

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

Opciones de reparación.

L, M y H: Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.

Figura 2.2.3.11 Pulimento de agregados.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.12 Popouts

Descripción: Un popout es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño

con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

Niveles de severidad

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.

Medida

Debe medirse la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres popout por metro cuadrado, deben revisarse al menos tres áreas de un metro cuadrado elegidas al azar.

Cuando el promedio es mayor que dicha densidad, debe contabilizarse la losa.

Opciones de reparación

L, M y H: No se hace nada.

Figura 2.2.3.12 Popout.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.13 Bombeo

Descripción: El bombeo es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual

generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas.

El bombeo cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

Niveles de severidad

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.

Medida

El bombeo de una junta entre dos losas se contabiliza como dos losas. Sin embargo, si las juntas restantes alrededor de la losa tienen bombeo, se agrega una losa por junta adicional con bombeo.

Opciones de reparación

L, M y H: Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.

Figura 2.2.3.13 a) Bombeo.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.13 b) Bombeo.

Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.14 Punzonamiento

Descripción: Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes, pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros).

Niveles de severidad

Tabla 2.3 Niveles de severidad para punzonamiento.

Severidad de la mayoría de las grietas.	Número de pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Fuente: Elaboración propia.

Medida

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

Figura 2.2.3.14 a) Punzonamiento de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.14 b) Punzonamiento de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.14 c) Punzonamiento de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.15 Cruce de vía férrea

Descripción: El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

Niveles de severidad

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

Figura 2.2.3.15 a) Cruce de vía férrea de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.15 b) Cruce de vía férrea de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.15 c) Cruce de vía férrea de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.16 Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado

Descripción: El mapa de grietas o craquelado (crazing) se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las grietas tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el descamado, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El descamado también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

Niveles de severidad

L: El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un descamado menor presente.

M: La losa está descamada, pero menos del 15% de la losa está afectada.

H: La losa esta descamada en más del 15% de su área.

Medida

Una losa descamada se contabiliza como una losa. El craquelado de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el descamado potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa.

Figura 2.2.3.16 a) Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.16 b) Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.16 c) Desconchamiento / Mapa de grietas / Craquelado de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.17 Grietas de retracción

Descripción: Son grietas capilares usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

Niveles de severidad

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.

Medida Si una o más grietas de retracción existen en una losa en particular, se cuenta como una losa con grietas de retracción.

Opciones de reparación

L, M y H: No se hace nada.

Figura 2.2.3.17. Grietas de contracción.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.18 Descascaramiento de esquina

Descripción: Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

Niveles de severidad

En el Cuadro 4 se listan los niveles de severidad para el descascaramiento de esquina. El descascaramiento de esquina con un área menor que 6452 mm² desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Tabla 2.4 Niveles de severidad para descascaramiento de esquina.

Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127,0 x 127,0 mm a	Mayor que 305,0 x 305,0 mm
Menor de 25,0 mm	L	L
> 25.0 mm a 51,0 mm	L	M
Mayor de 51,0 mm	M	H

Fuente: Elaboración propia.

Medida

Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

Figura 2.2.3.18 a) Descascaramiento de esquina de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.18 b) Descascaramiento de esquina de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.18 c) Descascaramiento de esquina de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.3.19 Descascaramiento de junta

Descripción: Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

Niveles de severidad

En el Cuadro 5 se ilustran los niveles de severidad para descascaramiento de junta. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la junta se califica como de baja severidad.

Tabla 2.5 Niveles de severidad descascaramiento de junta.

Fragmentos del descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6m	> 0.6 m
Duros no puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	L
Sueltos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan.	< 102 mm	L	M

Fuente: Elaboración propia.

Medida

Si el descascaramiento se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con descascaramiento de junta. Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con descascaramiento de junta.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

Figura 2.2.3.19 a) Descascaramiento de junta de baja severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.19 b) Descascaramiento de junta de severidad media.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

Figura 2.2.3.19 c) Descascaramiento de junta de alta severidad.



Fuente: Ing. Vásquez Luis.

2.4 EVALUACIÓN DE PAVIMENTO

2.4.1 Índice de rugosidad internacional (IRI)

La rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costos de operación del vehículo. La rugosidad es la característica que más influye en la sensación de confort y seguridad que experimenta un usuario al circular por una carretera.

La regularidad superficial es un fenómeno que depende primordialmente del perfil longitudinal de la carretera, pero también depende de las características mecánicas de los vehículos y la velocidad de circulación de estos. Existen dos tipos en general, de medidas de regularidad superficial:

los que basan su medida en la evaluación del perfil longitudinal y los que miden la respuesta de un vehículo determinado al circular por un tramo de carretera.

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".

En 1982, el Banco Mundial inició un experimento en Brasil para establecer correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad. El Índice Internacional de Rugosidad es el primer índice de perfil ampliamente utilizado, donde el método de análisis está 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.

2.4.1.1 Definición de IRI

Paterson, en 1986, define el IRI como: "El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS, Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo del cuarto de carro, (RQCS, Reference Quarter Car Simulation), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/hr. Es calculado a partir de las elevaciones de la superficie medidas mediante un levantamiento topográfico o perfilometría".

El IRI, también llamado por su nombre técnico RARS8, debe cumplir con las siguientes cinco condiciones:

- Es calculado a partir de un solo perfil. El intervalo de muestreo del perfil debería ser inferior a 300 mm para cálculos precisos. La resolución requerida depende del nivel de rugosidad, necesitándose resoluciones más finas para

pavimentos más lisos. Una resolución de 0.5 mm en la obtención del perfil es apropiada para todas las condiciones.

- Se asume que el perfil tiene una pendiente constante entre puntos contiguos de elevación.
- El perfil es primero suavizado mediante el uso de medias móviles cuyo largo base es de 250 mm. Esto es realizado por dos motivos; la idea es simular el comportamiento de la envolvente de los neumáticos y reducir la sensibilidad de la simulación el cuarto de carro al espaciamiento de muestreo del perfil longitudinal.
- El perfil suavizado es filtrado utilizando la simulación del cuarto de carro, RQCS (Reference Quarter Car Simulation), con sus parámetros específicos, a una velocidad de 80 km/h.

2.4.1.2 Equipos para la medición del IRI

Los equipos para la medición de la Regularidad superficial del Pavimento, difieren uno del otro por la precisión de los resultados obtenidos, la rapidez en la obtención de los datos y la complejidad del sistema que gobierna su funcionamiento.

Tabla 2.6 Equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial.

Equipo	Grado de precisión	Implementación	Complejidad del equipo	Observaciones
Nivel y mira topográfico	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejo.	Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos.
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco práctico y costos elevados para proyectos largos.
Perfilógrafos	Medio	Control de calidad y recepción de obras.	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red.

Fuente: Adaptado de Ventura, J. determinación del índice de regularidad internacional.

A continuación, la descripción de los equipos presentados en la tabla anterior.

- **Nivel y mira topográfica**

Es conocido como perfilómetros manuales y es quizás el método más preciso para obtener las elevaciones reales de la superficie del pavimento, es considerado de bajo rendimiento debido a que el proceso de recolección de datos es relativamente lento en comparación con otros equipos. Se considera que para la evaluación de la regularidad de la superficie de rodadura de proyectos de gran magnitud es impráctico y de alto costo. Sin embargo, este tipo de equipo tiene una gran precisión y puede obtener una medida exacta del perfil del pavimento.

La especificación E1364 de la ASTM “Test method for measuring road roughness by static level method” presenta una guía para la medición el perfil de las vías con este equipo. El parámetro más importante para la toma de datos por este método es que la resolución del nivel cumpla con los requerimientos dados por la ASTM.

Figura 2.3 Nivel de ingeniero y mira topográfica.



Fuente: San José – Costa Rica, Unidad de Estudio. “Determinación del IRI”.

2.4.1.3 Valores límites del IRI

A un pavimento perfectamente liso se le asigna un valor de IRI de 0, caminos con rugosidad moderada reciben valores de IRI de alrededor de 6 m/km, y casos extremos de carreteras no pavimentadas con muchos baches resultan en valores de IRI superiores a 20 m/km.

Existen diversos valores referenciales del IRI para carreteras nuevas por tipo de superficie. La Administradora Boliviana de Carreteras como Institución

Vial del país deberá realizar los estudios correspondientes para determinar umbrales y rangos de aceptación según el tipo de carpeta de rodado ya sea que esta corresponda a una etapa de construcción, pavimentación o rehabilitación.

A modo de referencia se indican algunos valores referenciales de rugosidad para pavimentos nuevos y umbrales del IRI.

Tabla 2.7 Valores iniciales del IRI.

Pavimentos asfálticos	0,9 – 1,5 m/km
Pavimentos de hormigón	1,1 – 1,8 m/km
Tratamientos superficiales	2,5 – 3,5 m/km

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.8 Valores del IRI característico.

Pavimentos asfálticos nuevos	$\leq 2,0$ m/km
Recapado asfáltico	$\leq 2,5$ m/km
Tratamientos superficiales, sello	$\leq 3,0$ m/km

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.9 Valores límites del IRI para considerar una intervención en m/ km.

Condición	Brasil	Chile	Uruguay	España	Hondura	EE.UU.
Excelente	1,0 – 1,9	–	< 3,2	0 – 1,5	–	< 0,95
Bueno	1,9 – 2,7	0 – 3,0	3,2 – 3,9	1,5 – 2,5	< 3,5	0,95 – 1,5
Regular	2,7 – 3,5	3,0 – 4,0	4,0 – 4,6	2,5 – 4,0	3,5 – 6,0	1,5 – 2,7
Malo	3,5 – 4,6	–	–	–	–	–
Pésimo	> 4,6	> 4,0	> 4,6	> 4,0	> 6,0	> 2,7

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.4 Descripción del programa INPACO

Se realizará un análisis del programa INPACO, el programa fue elaborado en la República de Colombia, por la Universidad del Cauca Instituto de vías, donde es propuesto por el Ministerio de Transporte de Instituto de Vías Nacional, para la Investigación Nacional de Pavimentos.

Donde se pueden determinar los valores para los siguientes ensayos:

- **TRÁNSITO**, análisis del Tránsito.
- **IRI**, índice de rugosidad internacional método nivel de ingeniero y mira.
- **APL**, coeficiente de APL.
- **DEFLEXIÓN**, deflexión de pavimentos método viga Benkelman.
- **PDC**, penetrómetro dinámico de cono.
- **DEPAV**, esfuerzos y deformaciones en pavimentos flexibles.

Este programa fue elaborado en el año 1994, por los ingenieros Alfonso Murgueitio Valencia, Eduardo Castañeda y Efraim de J. Solano Fajardo, en el marco de la investigación nacional de pavimentos.

Donde se usó para la presente investigación el programa para la determinación del IRI para el método de nivel de ingeniero y mira, que para la determinación se sigue los siguientes pasos de acuerdo a los datos necesarios para la obtención del IRI por el programa.

- **Delta (X)**, el programa requiere primeramente determinar la distancia entre punto a punto, donde se realiza la medición. Se tiene que el programa funciona con las siguientes distancias de separación:

Tabla 2.10 Distancia entre punto a punto, que funciona el programa INPACO.

Delta (X)	Distancia (mm)
	0
	0,5
	1
	1,5
	2
	2,5
	3
	3,5
	4
	5

Fuente: Elaboración propia.

- **Identificación del Tramo**, el programa solicita la información de la identificación del tramo como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2.11 Datos de identificación del tramo, que usa el programa INPACO.

Identificación del tramo	Datos
	Código del Tramo
	Nombre del Tramo
	Abscisa del Tramo Inicial (m)
	Abscisa del Tramo Final (m)
	Longitud del Tramo (m)

Fuente: Elaboración propia.

- **Entrada de Información**, El programa requiere la entrada de la información, es decir, las diferentes cotas de cada punto determinadas previamente y se coloca como se presenta en la siguiente tabla que está de acuerdo a la impuesta por el programa:

Tabla 2.12 Datos de información de distancia y cota del punto.

Nº Cns	Abscisas	Cota (m)
1	0	1000
2	...	....
3	....	....
4	....	....
5	...	....
6	...	....
n	n+00	....

Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo del IRI**, se procede para finalizar el uso del programa INPACO para la obtención del IRI por la parte que indica “cálculo del IRI” usando los datos ya anteriormente introducidos al programa y nos arroja el valor del IRI en m/km.

2.4.2 Índice de condición de pavimentos (PCI)

El índice de condición de pavimentos (PCI) con sus siglas en inglés, es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento.

El PCI fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la US Army con fondos provistos por la US Air Force, para pavimentos de aeropuertos. Posteriormente fue verificado y adoptado por la FAA y la US Naval Facilities Engineering Command. La metodología PCI esta descrita en la norma ASTM 5340-98, la cual da los lineamientos para determinar el Índice de condición del pavimento.

Tabla 2.13 Rangos de calificación del PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Elaboración propia.

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 presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de 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 con el clima.

A continuación, se detalla brevemente el procedimiento de evaluación, de acuerdo con la norma ASTM 5340–98.

2.4.2.1 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento (PCI)

El pavimento es dividido en tramos, las cuales son divididas a su vez en secciones. Cada sección es nuevamente dividida en unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230.0 ± 93.0 m².
- Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

Todas las unidades de muestra en una sección pueden inspeccionarse para determinar el valor PCI promedio de la sección. Sin embargo, esta posibilidad se limita normalmente por la disponibilidad de mano de obra, recursos económicos y tiempo. El muestreo total es recomendable para el análisis de proyectos en los que se vayan a estimar las cantidades de mantenimiento y reparación necesarias.

Debe calcularse un número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas (n) en una determinada sección, para obtener un nivel de confianza adecuado en los resultados del PCI (95% de confiabilidad).

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo

adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

2.4.2.2 Cálculo del valor de PCI

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños que establece la Norma ASTM 5340–98 para obtener un valor del PCI confiable.

La Norma ASTM 5340–98, define 16 patologías en pavimentos asfálticos (AC) y 15 en Pavimentos de Hormigón de Cemento Portland (PCC) y establece las definiciones y guías para la cuantificación de las fallas y posterior determinación del PCI. Las fallas que considera el método son las siguientes:

Tabla 2.14 Superficie de concreto de cemento portland.

Blow up/ buckling	Blowup/ buckling
Corner break	Grieta de esquina
Divided Slab	Losa dividida
Durability “D” crack	Grieta de durabilidad “D”
Faulting	Escala
Joint seal	Sello de junta
Lane /shoulder drop off	Desnivel Carril / berma
Linear cracking	Grietas lineales
Patching (Large)	Parqueo grande
Patching (Small)	Parqueo pequeño
Polished aggregates	Pulimento de agregados
Popouts	Popouts
Pumping	Bombeo
Punch-out	Punzonamiento
Railroad crossing	Cruce de vía férrea
Scaling /map cracking/ crazing	Desconchamiento/ mapa de grietas/ craquelado
Shrinkage cracks	Grietas de retracción
Spalling corner	Descascaramiento de
Spalling joint	Descascaramiento de junta

Fuente: Elaboración propia.

Una hoja de datos se requiere por cada unidad de muestra. El inspector llena el formulario de datos caminando por cada unidad de muestra y registrando los deterioros medidos. El deterioro se clasifica como gravedad baja, media o alta. Con la suma total de cada falla se obtiene el porcentaje de la densidad por cada tipo de falla. A través de curvas para cada tipo de falla y el valor de densidad, se obtienen los Valores de Reducción (VR) para cada tipo de deterioro y gravedad. Se calcula gráficamente o a través de ecuaciones el “Número máximo admisible de Valores Reducidos” (m) y con este valor, se pasa a calcular el máximo Valor de Reducción Corregido (VRC) sumando los valores individuales y utilizando curvas de correlación. Obtenido el máximo VRC se obtiene el valor del PCI con la ecuación:

$$\text{PCI} = 100 - \text{Máximo VRC}$$

El valor de PCI de toda una sección se calculó promediando los valores de PCI de cada unidad de muestra.

2.4.3 Método toma de núcleos y vigas en hormigones

Este método se refiere al procedimiento de obtención, preparación y ensayo de (a) núcleos extraídos de estructuras de hormigón para determinaciones de longitud o resistencia a la compresión o a la tracción indirecta, y (b) vigas aserradas de estructuras de hormigón para determinaciones de resistencia a la flexión.

2.4.3.1 Equipo y materiales

Saca núcleos

Para obtener probetas cilíndricas. Si las probetas deben ser extraídas por taladrado perpendicular a una superficie horizontal, resulta satisfactorio un taladro de percusión; pero si las probetas deben ser taladradas en otra dirección o si su diámetro se debe determinar con exactitud para un cálculo más preciso de la resistencia a la compresión, se emplearán brocas de diamante.

2.4.3.2 Condiciones generales

Las muestras de hormigón endurecido para uso en la preparación de probetas para ensayos de resistencia, no se deberán tomar hasta que el hormigón haya endurecido lo suficiente para permitir la remoción de la muestra sin perturbar la adhesión entre el mortero y el árido grueso. En general, el hormigón deberá tener una edad de catorce (14) días antes de la extracción de las probetas. Cuando se preparen probetas para ensayos de resistencia de muestras de hormigón endurecido, se deberán descartar aquellas que presenten defectos o que se hayan deteriorado durante el proceso de extracción.

Las probetas que contengan acero de refuerzo no se deberán usar para determinar la resistencia a la tracción indirecta. En caso de ensayos para determinar la resistencia a la flexión, no se usarán probetas que tengan refuerzo en la porción sometida a tensión.

Nota1. Los núcleos que contengan refuerzo y estén destinados a la determinación de la resistencia a la compresión, pueden dar resultados mayores o menores que los núcleos sin acero embebido y, en lo posible, se deben evitar o recortar para eliminar el refuerzo, proporcionando simultáneamente una relación L/D de 1.0 o mayor.

Siempre que sea posible, los núcleos se extraerán perpendicularmente a una superficie horizontal, de manera que su eje sea perpendicular a la capa de hormigón tal como se colocó originalmente y cuidando de no hacerlo en vecindades de juntas o bordes obvios del elemento construido. Las probetas tomadas en dirección perpendicular a una superficie vertical o a una superficie irregular, se deberán extraer lo más cerca que sea posible del centro de la pieza y nunca cerca de juntas o bordes de ella.

Se deberá remover una losa de tamaño suficiente para asegurar las probetas de ensayo deseadas, excluyendo todo hormigón agrietado, astillado, mal cortado o con cualquier otra irregularidad.

2.4.3.3 Núcleos

Probetas para determinación de longitud

Deberán tener un diámetro de cuando menos cien (100) milímetros. La medida de la longitud de los núcleos se hará conforme se describe en el Método H0315.

Resistencia a compresión

Probetas de ensayo

Los diámetros de los núcleos para la determinación de la resistencia a compresión deberán ser, como mínimo, iguales a tres (3) veces el tamaño máximo nominal del árido grueso del hormigón. Su longitud, luego del refrentado, deberá ser lo más aproximada posible al doble del diámetro. No se deberán ensayar núcleos cuya altura sea inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de su diámetro antes del refrentado o menor de su diámetro después dicha operación.

Preparación de las bases

Las bases de los núcleos que van a ser ensayados a la compresión, deberán ser sensiblemente lisas, perpendiculares a su eje longitudinal y del mismo diámetro del cuerpo del núcleo. De ser necesario, las bases se deberán aserrar o maquinar hasta cumplir los siguientes requisitos:

- a) Las salientes, si las hay, no se deberán extender más allá de 0.2 pulgadas (5mm) de la superficie de la base.
- b) Las superficies de las bases no se podrán apartar de la perpendicularidad al eje longitudinal en más de 5°, y
- c) El diámetro de las bases no deberá diferir en más de 0.1 pulgadas (2,5mm) del diámetro medio del núcleo.

Cálculos

El cálculo de la resistencia a la compresión de cada probeta se realizará utilizando su sección transversal basada en el diámetro medio determinado según se indicó en 11. Si la relación longitud/diámetro es apreciablemente inferior a dos (2), la

resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica a continuación:

Tabla 2.15 Factor de corrección de la resistencia.

Relación L/D	Factor de corrección de resistencia
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,93
1	0,87

Fuente: Elaboración propia.

d) Estos factores de corrección se aplicarán a hormigón liviano (1.600 a 1.920 kg/m³) y a hormigón normal, y son aplicables tanto a hormigón seco como húmedo en el momento del ensayo.

Los valores que no estén indicados en la tabla, se obtendrán por interpolación. Los factores de corrección son aplicables para resistencias nominales a la compresión entre 13,8 a 41,4 MPa (2000 y 6000 libras por pulgada cuadrada). (Los factores de corrección dependen de diferentes condiciones, tales como la resistencia y el módulo elástico. Los valores que se dan en la tabla son promedio).

Los resultados se informarán como lo exige el Método H0307, adicionando los siguientes datos: Longitud de la probeta antes y después del refrentado.

Resistencia a la compresión aproximada a 68,9 kPa (10 libras/pulgada cuadrada) cuando el diámetro se haya medido con aproximación a 0,25mm (centésima de pulgada), y a 344,5 kPa cuando el diámetro se haya medido con aproximación a 2,5mm (la décima de pulgada), luego de la corrección longitud/diámetro, si ella se requiere.

Dirección de aplicación de la carga en la probeta con respecto al plano horizontal del hormigón. Condición de humedad en el momento del ensayo, y Tamaño máximo nominal del árido del hormigón.

2.4.3.4 Informe

Los resultados se deberán informar de acuerdo con lo que resulte aplicable del Método H0310 y los requerimientos de este método, incluyendo la condición de humedad de las vigas en el momento de ensayo.

2.4.4 Método granulométrico

Enseñar un método para la realización de un análisis granulométrico, destacando su aplicación práctica dentro del ramo de la ingeniería. - Aprender un método de ensayo para determinar la cantidad de material más fino que 0.075mm en el agregado por lavado, dispersando las partículas de arcilla, materiales solubles en el agua, etc. - Aprender a presentar los datos obtenidos de un análisis granulométrico y ser capaz de interpretarlos.

2.4.4.1 Teoría del método granulométrico

(Tomado de Normas ASTM y Guía de Laboratorio Construcción I, UCA, marzo de 1996) Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material (granulometría).

2.4.4.2 Método de ensayo estándar para material más fino que la malla N°200

Este método de ensayo presenta dos procedimientos, uno usando sólo agua para la operación de lavado y el otro incluyendo un agente humectante que ayude a separar el material más fino que la malla de 75 μm (N° 200). La norma propone que cuando no se especifique por qué método ensayar, el procedimiento que deberá ser utilizado es el que usa solamente agua.

En algunos casos, el material fino está adherido a las partículas grandes, tal como algunos revestimientos de arcillas y de revestimientos en agregados que han sido extraídos de mezclas bituminosas. En estos casos, el material más fino será separado más rápidamente con un agente humectante en el agua.

Este método de ensayo es propuesto debido a que el material más fino que 75 μm puede ser separado de las partículas gruesas mucho más eficiente y completamente por tamizado húmedo que a través por tamizado en seco. Por tal razón, cuando se necesitan determinaciones precisas de material más fino que la malla de 75 μm en agregado fino o grueso, este método es usado en la muestra previamente al tamizado en seco (norma ASTM C 136).

El resultado de este método de ensayo es incluido en los cálculos del análisis por tamizado de agregados gruesos y fino (ASTM C 136), y la cantidad total de material más fino que la malla de 75 μm por lavado, más la obtenida por tamizado en seco de la misma muestra, se reportan con los resultados obtenido con el método de ensayo C 136. Usualmente, la cantidad de material adicional más fino de 75 μm obtenido en el proceso de tamizado en seco, es una cantidad pequeña. Si fuera grande, la eficiencia de la operación de lavado puede ser verificada. Esto puede ser también una indicación de degradación del agregado.

Para el ensayo se deberá escoger una muestra de material en función del tamaño máximo nominal de sus partículas según la siguiente tabla:

Tabla 2.16 Selección del tamaño de la muestra de prueba.

Máximo tamaño nominal (mm)	Mínimo de masa a utilizar (g)
4,75	300
9,5	1000
19	2500
37,5	5000

Fuente: Elaboración propia.

En el ensayo se lava una muestra de agregado de una manera prescrita, usando agua o agua conteniendo un agente humectante especificado. El agua de lavado decantada conteniendo material disuelto y suspendido, es pasada a través de la malla N° 200. La pérdida en masa resultante del tratamiento de lavado se calcula como el porcentaje de masa de la muestra original y se reporta como el porcentaje de material más fino que las malla de 75 μm por lavado.

2.4.4.3 Método de ensayo estándar para material fino y grueso

Este método de ensayo es usado para determinar la graduación de materiales propuestos para usarse como agregados o que están siendo usados como agregados. Los resultados son utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de las partículas con los requerimientos aplicables especificados y para proporcionar información necesaria para el control de la producción de productos varios de agregados y de las mezclas que los contienen. La información también puede ser usada en el desarrollo de relaciones concernientes a la porosidad y el empaque.

El ensayo trata básicamente de separar una muestra de agregado seco de masa conocida, a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores, con el objeto de determinar los tamaños de las partículas.

Si el material para el ensayo no proviene de un ensayo ESTÁNDAR PARA MATERIAL MÁS FINO QUE LA MALLA N.º 200, el tamaño de la muestra de prueba está dada en función del tamaño máximo de las partículas de material a analizar según la siguiente tabla:

Tabla 2.17 Selección del tamaño de la muestra de prueba.

Tamaño máximo nominal (mm)	Tamaño mínimo de la muestra de prueba (kg)
9,5	1
12,5	2
19	5
25	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fuente: Elaboración propia.

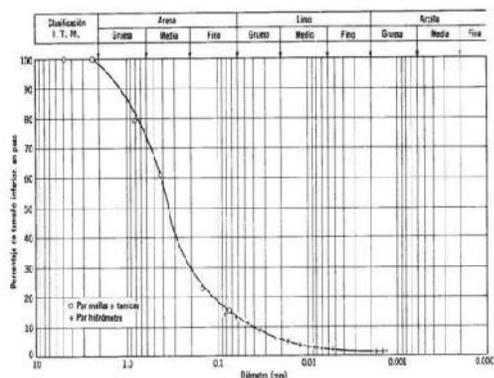
La determinación de la exactitud del material más fino que la malla de 75 μm (N° 200) no puede ser obtenida sólo por el uso de este método. El método de ensayo C 117 para material más fino que la malla de 75 μm por lavado, puede ser empleado.

2.4.4.4 Gráfica granulométrica e indicadores

La curva granulométrica es una representación gráfica de los resultados del ensayo de granulometría.

Se representa gráficamente en un papel denominado "log-normal" por tener en la horizontal una escala logarítmica, y en la vertical una escala natural.

Figura 2.4 Gráfica granulométrica.



Fuente: Laboratorio FIRP.

2.4.5 Método límite líquido y límite plástico

Determinar los contenidos de humedad que definen las fronteras entre los estados de consistencia semilíquido, plástico y semisólido, denominadas límite líquido y límite plástico, de una muestra de suelo pasante el tamiz N°40.

El límite líquido se define como el contenido de humedad en la frontera entre los estados de consistencia plástico y semilíquido. El límite plástico se define como el contenido de humedad en la frontera entre los estados de consistencia plástico y semisólido.

2.4.5.1 Resumen del método líquido.

La muestra húmeda se coloca en una copa de bronce llamada Copa de Casagrande y con un ranurador se divide la muestra en dos partes, se procede a girar la manivela de la copa generando golpes que hacen fluir el suelo y la ranura tiende a cerrarse debido a los impactos causados por la caída repetitivas de la copa en un dispositivo estándar, se registra el número de golpes necesario para que la ranura se cierre en una longitud de ½ pulgada. El método multipunto requiere tres ensayos como mínimo a diversos contenidos de humedad, los datos de humedad y número de golpes se grafican en escala semilogarítmica y se traza una recta denominada “Curva de Fluidez”, y se determina el límite líquido como la humedad necesaria para que la ranura se cierre al aplicar 25 golpes.

2.4.5.2 Resumen del método límite plástico

El límite plástico se determina rodando el suelo, se presiona entre los dedos y una placa de vidrio, rodándola repetidamente hasta formar un rollito o barrita cilíndrica de 1/8 de pulgada (3.2mm) de diámetro, en el proceso se reduce la humedad hasta el punto en que el rollito se agrieta o se quiebra por la presión del amasado y ya no es posible formarlo de nuevo, el contenido de humedad en este punto se reporta como el límite plástico. Se repite el procedimiento hasta reunir una muestra de 6 gr. como mínimo.

2.4.5.3 Norma de referencia

ASTM D4318 Standard test for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils.

2.4.5.4 Términos y definiciones

Límite líquido (LL): Contenido de humedad en porcentaje, que define la frontera entre los estados de consistencia semilíquido y plástico.

Límite plástico (LP): Contenido de humedad en porcentaje, que define la frontera entre los estados de consistencia plástico y semisólido.

Índice plástico (IP): Rango de contenido de humedad sobre el cual el suelo se comporta plásticamente, numéricamente se obtiene como la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

Consistencia: Relativa facilidad con la que el suelo puede ser deformado.

Suelo plástico: Suelo que tiene un rango de humedad en el que exhibe plasticidad y se contrae con el secado.

Límites de Atterberg: Originalmente Albert Atterberg definió seis “límites de consistencia” en los suelos finos: límite superior de flujo viscoso, límite líquido, límite de pegajosidad, límite de cohesión, límite plástico y límite de contracción; en ingeniería se utilizan solamente el límite líquido y el límite plástico; y en algunos casos el límite de contracción.

2.4.6 Método del CBR

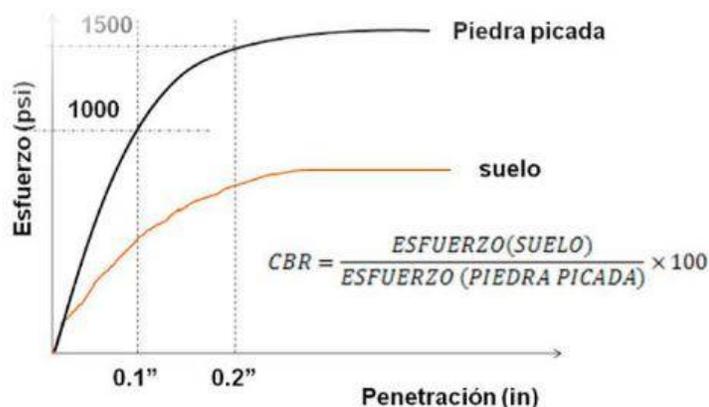
El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala.

CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio», aunque en países como México se conoce también este ensayo por las siglas VRS, de Valor Relativo del Soporte.

Aunque fue desarrollado en 1925, el ensayo comienza a aparecer en los estándares norteamericanos ASTM (por American Standards for Testing and Materials) desde 1964, en su versión para laboratorio (ASTM D 1883), y en su versión para campo (ASTM D 4429). A pesar de sus múltiples limitaciones, como se indicarán más adelante en este artículo, hoy por hoy, el CBR es uno de los ensayos más extendidos y aceptados en el mundo debido al relativo bajo costo de ejecución (si se compara con ensayos triaxiales), y a que está asociado a un número de correlaciones y métodos semi-empíricos de diseño de pavimentos.

Según la norma ASTM D 1883-07, el CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración. Se define CBR, el parámetro del ensayo, como la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1" (0.25 cm) y 0.2" (0.5 cm) en el suelo ensayado, y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje.

Figura 2.5 Gráfica del CBR.



Fuente: Laboratorio FIRP.

Bien, por cada espécimen de suelo se calculan dos valores de CBR, uno a 0.1” de penetración, y el otro a 0.2” de penetración. La pregunta de siempre es ¿cuál de los dos es el CBR que se reporta? ASTM dice que el que se reporta es el de 0.1” mientras este sea menor que el de 0.2”. En el caso en el que el valor de CBR para 0.1” fuera mayor que el de 0.2” habría que repetir el ensayo para ese espécimen (La norma en inglés dice «rerun», que traducimos como volver a hacer el ensayo, pero no aclara si hay que volver a fabricar el espécimen o si se puede utilizar la opción de voltearlo y ensayarlo por el otro extremo).

Los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad. Antes de que pregunten les digo que sí, es posible obtener registros de CBR mayores que 100%, típicamente en suelos ensayados en condición «en seco» o «tal como se compactó». Ante las preguntas que nos hay llegado prometo escribir un artículo especialmente para soportar este aspecto con resultados reales de pruebas.

En la versión de CBR de laboratorio, los especímenes de suelo se compactan con el equipamiento del ensayo Proctor, utilizando moldes de 6” de diámetro y martillo grande. La velocidad de penetración del pistón durante el ensayo es constante e igual a 1.27 mm/min.

2.4.6.1 Variantes del ensayo de laboratorio

Según ASTM, para la versión de laboratorio del ensayo CBR existen dos variantes, una llamada «CBR para humedad óptima», y la otra llamada «CBR para un rango de contenidos de agua».

El CBR para humedad óptima es la variante más popular y es conocida también como «CBR de tres puntos». Consiste en elaborar tres especímenes compactando el suelo con energías de compactación de 12, 25 y 56 golpes por capa. La humedad de mezclado del suelo es la humedad óptima del Proctor Modificado. Para obtener el CBR del suelo se prepara una gráfica con los resultados del ensayo de los tres especímenes poniendo en las abscisas al grado de compactación o la densidad y en las ordenadas al valor de CBR, y se unen los puntos a través de una curva. El CBR del suelo se define como el intercepto correspondiente al grado mínimo de compactación establecido por la especificación del proyecto o agencia solicitante.

Aunque ASTM explica que esta variante está destinada a suelos que no son susceptibles al humedecimiento (por ejemplo, suelos granulares limpios), es práctica común utilizarla para todo tipo de suelos (corriendo el riesgo de no evaluar la influencia de la humedad en un suelo susceptible a la humedad).

2.4.7 Método de compactación de suelo

Existen unos procesos de compactación para humedades altas, donde se llega casi a alcanzar la densidad límite. Para humedades bajas, el rozamiento entre partículas dificulta mucho la compactación y la densidad alcanzada queda muy por debajo. Actualmente existen soluciones, como superficie estilolítica (compactación química) Grainstone bioclástico con detalle de contactos estilolíticos entre Nummulites, e importante reducción del espacio intergranular, como respuesta a la compactación química, pero lamentablemente son químicos altamente tóxicos y nocivos para el hombre, además de un precio demasiado elevado que las ciudades y países (como el nuestro) no puede costear.

La compactación está siempre acompañada de la pérdida de volumen de poros especialmente de los más grandes. Esto causa pérdida en la permeabilidad al aire, en el flujo de agua y de iones. Y cambios negativos en la porosidad total del suelo y en la distribución del tamaño de los poros, causan cambios en los procesos de compactación, está también asociada a la baja estabilidad estructural del suelo frente al agua (Gavande, 1982), lo cual causa en la compactación. Un suelo con estructura débil aumenta su cohesión entre partículas, disminuyendo la independencia de cada agregado y microagregado, con lo cual se reduce el espacio poroso y se hace más susceptible a la compactación. Factores que inciden con relación a la maquinaria de compactación de suelos permiten tener un mayor control como lo es a mayor peso de la maquinaria mayor posibilidad de compactar el suelo y mayor profundidad puede alcanzar la compactación, si el peso de la maquinaria es uniforme, por ejemplo mayor peso en ruedas traseras, la presión ejercida por éstas sobre el suelo será mayor, si el peso de la maquinaria se distribuye en un área mayor (neumáticos más anchos), la presión sobre el suelo será menor que en el caso de usar neumáticos más angostos, mientras más inflados los neumáticos, menor es el área del neumático que entra en contacto con el suelo y mayor es la presión sobre el suelo, en la medida

que estos fenómenos se produzcan, el esfuerzo producido sobre el suelo es mayor. Se sugiere realizar el trabajo evitando el patinaje y zapateo de los neumáticos. La velocidad de trabajo cuando la presión sobre el suelo es mantenida por un mayor tiempo el fenómeno de compactación tiene una mayor posibilidad de producirse, por lo que sería adecuado realizar las labores a una velocidad lo más alta posible. Número de pasadas de la maquinaria a mayor número de pasadas, mayor es la compactación que se La utilización de la cal para la estabilización de los suelos es conocida ya por los romanos (construcción de vías), por los tibetanos (construcción de pirámides) y por los chinos (la Gran Muralla). En el mundo occidental este tipo de aplicación de la cal se ha difundido - partiendo en primer lugar de los EE.UU. - de forma creciente solo a partir de la segunda mitad del siglo XX.

La cal viva y el hidrato de cal se utilizan principalmente con los siguientes objetivos, Para mejorar suelos existentes y ser utilizados como vías de transporte y obras temporales, compactar caminos rurales y forestales, compactar las estructuras de carreteras con elevada incidencia de tráfico y construir pistas de aterrizaje en aeropuertos, para aparcamientos y líneas ferroviarias. La utilización de productos cálcicos en suelos arcillosos trae consigo una mejora de las características mecánicas de los mismos, como, por ejemplo, su contenido de agua, composición granulométrica, plasticidad, densidad y resistencia a las heladas, produciéndose fundamentalmente las siguientes reacciones. La reacción de apagado - al utilizar cal viva - lleva a la extracción del agua y con ello al secado la sustitución de los iones de sodio, potasio e hidrógeno en los minerales arcillosos por iones de calcio reduce la plasticidad y aumenta la manejabilidad y las propiedades de compactación del suelo. En los EE.UU. se emplea fundamentalmente cal hidratada para estabilizar los suelos, en Europa se utiliza sobre todo cal viva. En suelos con alto contenido de agua es recomendable utilizar cal de grano fino, pues debido a la reacción de apagado el secado se produce más rápidamente. Razones económicas, como una mayor eficacia del óxido de calcio por unidad de peso, un precio más bajo y una menor necesidad de espacio de transporte hablan a favor del empleo de cal calcinada, en tanto que su efecto cáustico requiere de medidas especiales de protección en su manipulación. La adición de hidrato de cal al asfalto en la construcción de carreteras, en aeropuertos y

otras áreas de tráfico aumenta la estabilidad de la capa asfáltica y reduce su sensibilidad al agua (hinchamiento), así como la pérdida de resistencia a la tracción hasta en un 50%. Además, se mejora la adherencia del aglomerante a la piedra y la facilidad de mezcla. Puede verse hoy que las técnicas de compactación lograron ganar en un lapso Relativamente breve la confianza de los ingenieros y constructores de obras para el transporte, a un grado tal, que hoy su uso puede considerarse prácticamente universal en obras de infraestructura vial. De hecho, los criterios evolucionaron definitivamente en sentido opuesto a la inicial y en la actualidad la idea es que la compactación es aceptada.

Factor de eficiencia=E

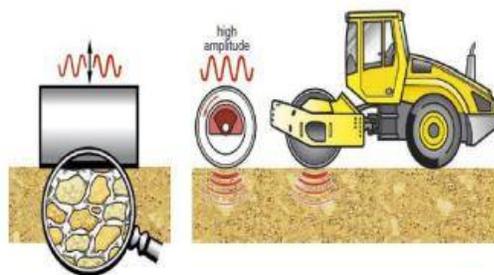
Rendimiento

Por 1 pasada=velocidad X ancho tambor X E=metros cuadrados / hora

Rendimiento Por N pasadas= (velocidad X ancho tambor X E) / N

La forma de mejorar los elementos mecánicos en un suelo es la compactación. Los efectos más importantes que produce una buena compactación en un suelo son Resistencia mecánica, minimización de asentamientos y reducción de la permeabilidad.

Figura 2.6 Energía de compactación por vibración.



Fuente: Germany, Bomag Americas inc 2000, kentville, road, kewanee.

2.5 ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA CIVIL FORENSE

Basados en la investigación realizada en este trabajo, se puede observar que en Costa Rica hay pocas instituciones que analizan las fallas que se presentan en edificaciones. Entre las que realizan estudios relacionados a este tema se podrían

encontrar: el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) y Tecnológico de Costa Rica. Lamentablemente, no suelen haber resultados compartidos de los diferentes casos para su posterior referencia en futuras construcciones, así como lecciones aprendidas que contribuyan en lograr la mejora continua. Por el contrario, en otros países la metodología desarrollada y utilizada en las evaluaciones de la ingeniería civil forense es una herramienta valiosa que sirve para beneficio de nuevos proyectos y menor cantidad de problemas.

En Estados Unidos de América, en 1982, se fundó la Academia Nacional de Ingenieros Forenses (NAFE por sus siglas en inglés), que certifica y, establece normas éticas y estándares profesionales para sus miembros. (Ordman, 2018). Adicionalmente, el Consejo Técnico de Ingeniería civil forense (TCFE por sus siglas en inglés) de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE por sus siglas en inglés), se creó en 1985 para desarrollar guías para la práctica de la ingeniería civil forense. En el año 2012 se presentó la última versión de estas guías. (Consejo Técnico en Ingeniería Forense, 2012).

Las investigaciones de casos relacionados con la ingeniería civil forense suelen llevarse a cabo para gran cantidad de propósitos. En Estados Unidos es usual la aplicación de esta ciencia, sobre todo, en situaciones que presentan algún tema financiero de por medio. Adicionalmente, según la gravedad, algunos podrían ir a juicio y otros podrían ser resueltos por solicitud de los dueños con el fin de evaluarlos problemas de la construcción y buscar cómo reparar los daños para evitar consecuencias mayores.

A pesar de que cada investigación es única, todas siguen el proceso de: recolección de datos en el lugar de los hechos, formar una hipótesis de la falla, y analizar la hipótesis (CRC Press LLC, 2001). En esta referencia se establecen algunas técnicas para una efectiva investigación de la ingeniería civil forense. Se proponen una serie de etapas a seguir para llegar a una última actividad llamada hipótesis de falla, análisis de datos y formación de conclusiones. La experiencia

tiene el papel más importante en la investigación en este caso, pues es la base bajo la cual se logra desarrollar cada etapa de la investigación de la manera más completa.

En Japón, la Agencia de Ciencia y Tecnología (JST por sus siglas en inglés) se dedica al estudio de las fallas de estructuras. Por otro lado, Hatamura (2005) crea un artículo sobre la metodología del estudio de casos de fallas constructivas. Este autor propone el uso de mandalas para la ejemplificación de los distintos elementos de falla que pueden requerir estudio. Entre estas se puede mencionar las siguientes mandalas: causa, acción y resultado. En cada una de ellas desglosa amplias posibilidades según la situación que se pueda estar dando en la estructura. (Hatamura, 2005) Adicionalmente en su trabajo, Hatamura (2005) ejemplifica gran cantidad de casos con su información estudiada, basado en la metodología propuesta por su parte.

Entre los pocos estudios donde se aplicó la metodología de la ingeniería civil forense en Costa Rica se encuentra el proyecto de investigación de Bolaños (2006), quien genera con este método un análisis de cinco casos de problemas geotécnicos. En este trabajo, el autor refleja una lista que propone como metodología de investigación forense general y, posteriormente, evalúa cada caso con los aspectos pertinentes. La metodología de estudio utilizada es la aplicación del Método Científico en donde los daños observados los analiza como los efectos del problema, luego se analizan las causas, y se concluye con los métodos de reparación según cada caso. (Bolaños, 2006).

En el estudio realizado por D.B. Leake (Consejo Técnico en Ingeniería Forense, 2012) se presenta una guía básica para la interpretación de casos. Los pasos sugeridos se relacionan con la evaluación del problema o situación, recuperación de información de eventos del pasado similares al que se está evaluando, comparación con los eventos pasados para clasificar el actual y aprendizaje de cada situación a la que se enfrenta en la investigación para actualizar la base de datos del investigador.

Por otro lado, el artículo de Velez (2015) hace referencia a varios métodos para análisis de fallas, basando la importancia de este tema en la caída de un edificio en Medellín, Colombia. Entre los métodos que describe se encuentra el “Análisis del modo de falla y sus efectos” (FMEA por sus siglas en inglés), “Análisis de la causa raíz” (FTA por sus siglas en inglés), entre otros. (Vélez, 2015) En el mismo artículo se describen las principales maneras en que se pueden dividir las causas de falla.

2.5.1 Antecedentes de la ingeniería civil forense en pavimentos rígidos

La ingeniería civil se encuentra en constante evolución desde el punto de vista tecnológico y geográfico. Además, no queda exento de los efectos de la era digital en el sector industrial. Por otro lado, supone uno de los principales pilares de las economías mundiales, debido a la gran inversión que se realizan en los distintos proyectos que ayudan a modernizar ciudades.

Lo anterior, hace fundamental la especialización de los ingenieros en área civil, por lo que esta Maestría Oficial capacitará a los estudiantes en todos los aspectos que necesitan en este campo. Además de hacer especial hincapié tanto en la necesidad de implantar la digitalización dentro de las estructuras empresariales como en el conocimiento de las nuevas herramientas que ofrecen los sectores tecnológicos para favorecer esta tarea.

Otro aspecto que se ha desmarcado en los últimos años, por ser de vital importancia para las empresas constructoras, es el de la internacionalización. Así, en esta Maestría Oficial en Ingeniería Civil se sondearán las oportunidades que ofrece el mercado internacional a través de licitaciones multilaterales financiadas por entes de garantía.

Por todo esto, los diferentes módulos que componen este plan de estudios se han dividido en sesión con un enfoque completamente práctico y sustentado en el debido marco teórico. También, se tiene en cuenta la extensa experiencia del cuadro docente de la Maestría Oficial, quienes complementan la información que se presentará en cada clase.

2.5.2 Generalidades de la ingeniería civil forense en pavimentos rígidos

La ingeniería civil forense consiste en la aplicación de principios de ingeniería y metodologías con el fin de obtener respuestas a sucesos. Según Noon (2001), estos son asociados usualmente con accidentes, crímenes, eventos catastróficos, deterioro de propiedad, y varios otros tipos de fallas. Luego de un suceso, solo se conoce con certeza el resultado obtenido. En el estudio a realizar por el ingeniero forense, se tendrá que determinar el quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo. Para lograr esto, se deben tener habilidades altas para poder unir las diferentes piezas en un evento de falla. A la hora de iniciar una investigación, se presentará gran variedad de información que, por sí sola, podría no tener sentido, pero al relacionar los sucesos o hechos descubiertos, se puede lograr ir obteniendo un panorama general de lo que realmente sucedió.

En general, el ingeniero forense tiene entre sus principales labores lo siguiente:

- Evaluar qué había antes del evento y las condiciones en que se encontraba.
- Evaluar qué hay después del evento y las condiciones en que se encuentra.
- Crear variadas hipótesis sobre cómo se relacionan las condiciones anteriores al evento con respecto a las posteriores.
- Buscar evidencia que aporte a alguna de las hipótesis.
- Aplicar la ingeniería con el fin de relacionar los hechos y la evidencia, y así lograr definir la forma en que pudo haber sucedido el evento.

Es importante tener claras las etapas a desarrollar en una investigación forense debido a que, para la realización de estas labores, las afectaciones del factor humano estarán presente en cada uno de los pasos. Teóricamente, el ingeniero debe basar sus conclusiones en hechos y observaciones, sin embargo, los resultados obtenidos del ingeniero forense se ven afectados por su conocimiento, sus experiencias, sus habilidades investigativas, su imaginación y su capacidad de análisis para poder resolver un caso. Esto implica que los resultados que se obtengan podrían ser, en cierta medida, afectados por su subjetividad.

La investigación de un evento tiene como una de sus bases importantes la información que puedan proporcionar los testigos. Los datos que ellos puedan aportar son necesarios pues se logran formar versiones para generar una idea general del suceso. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que los testigos no siempre son imparciales. Podrían ser personas mal intencionadas e indicarían posiciones que llegarían a afectar los resultados de la investigación. Inclusive podrían ser personas que tan solo buscan la atención del momento. El ingeniero forense también debería ser capaz de discernir estos casos a través del resto de resultados de su investigación.

Por otro lado, los aportes de testigos también deben ser analizados debido a que cada uno de ellos puede crear su propia creencia de lo sucedido con respecto a su ubicación y su percepción de los hechos. Asimismo, sus experiencias de vida, su estado físico, aspectos sociales y culturales, también son formas en que se pueden formar falsas impresiones de un evento. Además, si hubiera testigos, éstos deberían ser cuestionados lo más pronto posible para que no se puedan influenciar por conversaciones posteriores ni por el paso del tiempo. Finalmente, la forma de realizar las preguntas debe ser sin sugestionar la respuesta. Lo que narre el testigo, así como la capacidad del entrevistador de saber qué preguntas realizar y posteriormente poder analizar la información obtenida, son factores humanos que pueden modificar los resultados de una investigación forense.

2.5.3 Definición de la ingeniería civil forense en pavimentos rígidos

La Ingeniería Civil Forense se encarga de investigar las fallas y problemas de desempeño dentro de las construcciones. Esta disciplina utiliza las herramientas necesarias para reducir el riesgo de fallas, así como la reconstrucción de la secuencia de sucesos que conducen a una pérdida ocasionada por ellas.

La ingeniería civil forense surge en el caso de colapso, falla o incendio de estructuras entre otros, esta disciplina maneja herramientas tanto preventivas como paliativas. Primer aspecto comprende la reducción del riesgo de fallas con el fin de mejorar su rendimiento y su costo. El segundo aspecto busca

reconstruir la secuencia de sucesos que conducen una pérdida económica o física, determinando correcciones y responsabilidades.

La investigación forense relacionada a la ingeniería civil, se hace necesaria para determinar el posible origen de la falla, dicha investigación también sirve para que las partes implicadas en el incidente pueden llegar a un acuerdo legal de manera que la aplicación del conocimiento técnico en relación al comportamiento de estructuras y materiales de construcción sirva como herramientas primordiales para esclarecer las causas que originan la falla (colapso, daño del siniestro).

2.5.4 Elementos de la ingeniería civil forense en pavimentos rígidos

Hechos: Son la anunciación de los datos que se presentan oscuros y sobre los cuales debe versar el dictamen. También se les puede denominar como puntos de controversia, y son las incógnitas por las cuales se ha solicitado la intervención de peritos. En este punto los peritos hacen una relación del proceso, refiriéndose de manera concreta a los hechos, objetos, lugares y documentos que se relacionen con lo solicitado.

Consideraciones: Son el estudio del objeto del peritaje, con la técnica especial. Aquí el perito deberá especificar y enumerar cada actuación que realice para encontrar las soluciones, es decir, establecer cuál es el método científico, técnico, artístico o práctico que considero adecuado y en el que se basó para esclarecer las incógnitas que se solicitó esclarecer.

Se entiende que aquí, el perito hace mención de cuál es el método o técnica que estimo necesario emplear para dar solución al dictamen solicitado.

Deficiencia: En este punto se califica las patologías que se presentan la obra de ingeniería de forma física, las causas por las cuales se están presentando, su localización, distribución y cuantía de estas, así como el pronóstico de continuar estas sin tratamiento adecuado, con qué tipo de pruebas e instrumentos pueden ser evaluadas y los probables resultados en la parte de control técnico.

Los problemas patológicos, salvo raras excepciones, presentan características, a partir de las cuales se puede deducir cual es la naturaleza, el origen y los mecanismos de los fenómenos involucrados, así como estimar sus probables consecuencias. Estos síntomas también denominados: lesiones, daños, defectos o manifestaciones patológicas, a partir de detalladas y experimentadas observaciones visuales.

Todo problema patológico, llamado en lenguaje jurídico de vicio oculto o vicio de construcción (daño oculto), ocurre a través de un proceso, de un mecanismo. Conocer el mecanismo del problema es fundamental para una terapia adecuada.

Medidas correctoras: como parte del dictamen se tiene como propuesta las reparaciones preventivas y correctivas según el caso, ya que se estima su grado de importancia en base a la examinación del punto anterior, sus posibles causas y en este punto se describe como puede irse corrigiendo con una metodología que el perito proponga.

Se puede afirmar que las correcciones serán más durables, más efectivas, más fáciles de ejecutar y mucho más económicas, cuanto antes fueran ejecutadas. Dividiendo las etapas de construcción y uso en cuatro periodos, al de ejecución propiamente dicha, al del mantenimiento preventivo ejecutado antes de los tres primeros años y al del mantenimiento correctivo adecuado posterior al surgimiento de los problemas, a cada uno corresponderá un costo que sigue una progresión geométrica.

Cuantificación económica de las medidas correctoras: Se refiere como su nombre lo dice, evalúa los daños y los pone en forma de cantidades monetarias y divide en zonas del edificio que respectivamente corresponden en porcentaje a la valoración total en especie, que se tendrá que invertir para la intervención de esta estructura.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN FORENSE A TRAMOS DEL PAVIMENTO DE ENTRE RÍOS.

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

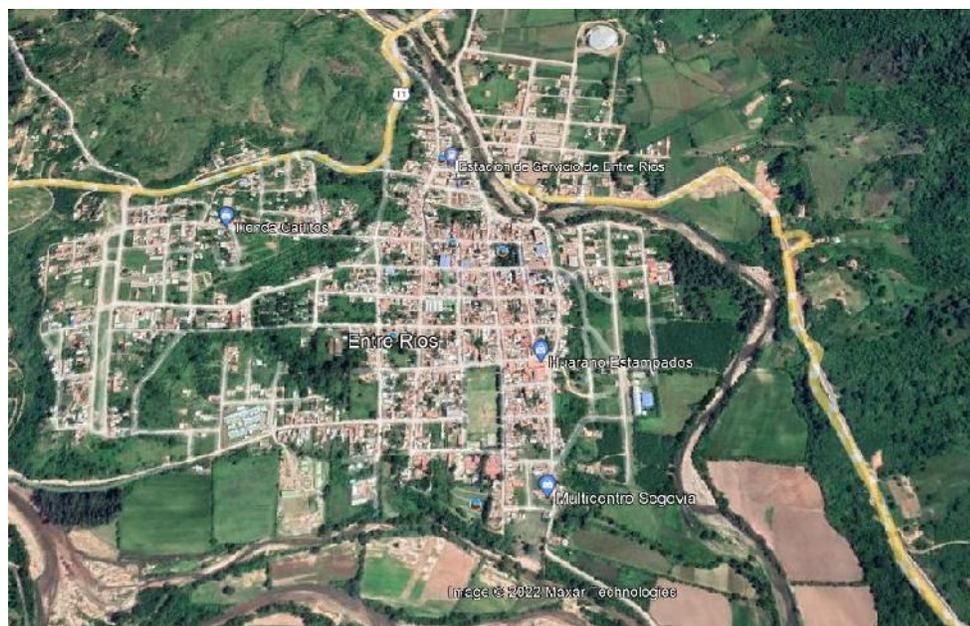
3.1.1 Ubicación Geográfica

El Municipio de Entre Ríos, pertenece a la provincia O'Connor, del Departamento de Tarija, siendo de esta su primera y única sección Municipal.

Geográficamente el Municipio de Entre Ríos se encuentra ubicado entre las coordenadas $20^{\circ}51'57''$ y $21^{\circ}56'51''$ de latitud sud, $63^{\circ}40'23''$ y $64^{\circ}25'6''$ de longitud oeste, en la parte central del departamento de Tarija.

Localización ciudad de Entre Ríos.

Figura 3.7 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos.



Fuente: Google Earth.

3.1.2 Límites territoriales

El Municipio está ubicado en la parte central del Departamento de Tarija, limitando al norte con el Departamento de Chuquisaca, al sud y al Este con la provincia Gran Chaco, al Oeste con la Provincia Cercado, hacia el Noroeste con la Provincia Méndez y hacia el Sudoeste con las Provincias Avilés y Arce.

3.1.3 Extensión

El territorio del Municipio de Entre Ríos comprende una extensión territorial de 6.406 km² aproximadamente, que representa el 17,2% de la superficie departamental y el 0,58% del Territorio Nacional.

Área de estudio todo entre ríos.

3.2 DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE ESTUDIO FORENSE

TRAMO 1: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'29.98"S	Latitud: 21°31'26.50"S
Longitud: 64°10'16.48"O	Longitud: 64°10'20.60"O

Figura 3.8 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 1.



Fuente: Elaboración propia.

TRAMO 2: Calle 25 de agosto (entre Av. Francisco Villa y Calle potosí).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'26.50"S	Latitud: 21°31'25.53"S
Longitud: 64°10'20.82"O	Longitud: 64°10'25.14"O

Figura 3.9 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 2.



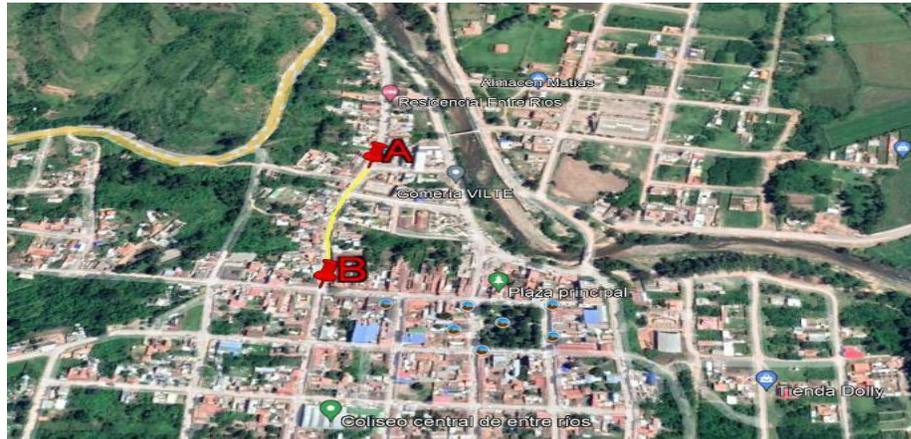
Fuente: Elaboración propia.

TRAMO 3: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'23.82"S	Latitud: 21°31'31.06"S
Longitud: 64°10'24.62"O	Longitud: 64°10'25.61"O

Figura 3.10 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 3.



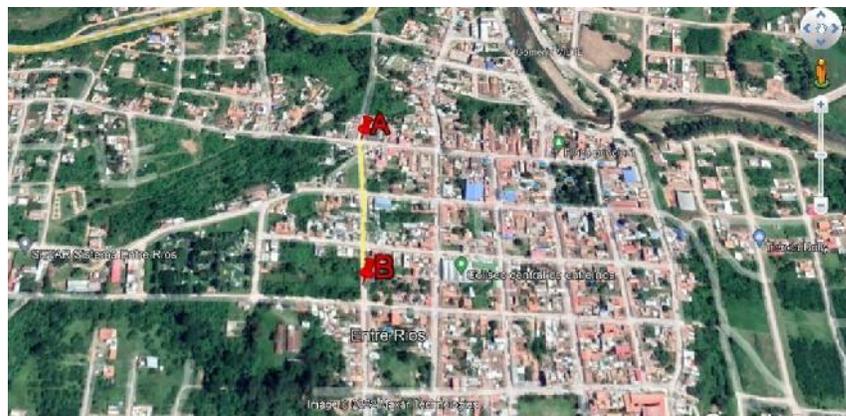
Fuente: Elaboración propia.

TRAMO 4: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'29.98"S	Latitud: 21°31'26.50"S
Longitud: 64°10'16.48"O	Longitud: 64°10'20.60"O

Figura 3.11 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 4.



Fuente: Elaboración propia

TRAMO 5: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'29.98"S	Latitud: 21°31'26.50"S
Longitud: 64°10'16.48"O	Longitud: 64°10'20.60"O

Figura 3.12 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 5.



Fuente: Elaboración propia

3.3 EVALUACIÓN DE ESTADO SUPERFICIAL

Se explicará un cálculo del IRI por cada método y lo mismo se aplicó a todos los tramos para su respectiva determinación de sus resultados.

3.3.1 MÉTODO PCI.

3.3.1.1 Inspección visual de la zona de estudio.

3.3.1.2 Ficha de evaluación de la condición del pavimento rígido.

La recolección de la información para determinar la condición del pavimento rígido de la zona de estudio se desarrolló empleando fichas de campo denominado Formato de Evaluación de la Condición para Pavimentos Rígidos por unidad de muestreo (FORMATO PCI-02).

Tabla 3.18 Cuantificaciones de las fallas existentes en el tramo.

N° Falla	Tipo de falla	Severidad	Código
1	Losa dividida	M	23
2	Grietas lineales	H	28
3	Punzonamiento	M	23
4	Losa dividida	M	23
5	Grieta Lineales	H	28
6	Descochamiento	H	19
7	Descochamiento	H	23
8	Losa dividida	H	19
9	Grieta de esquina	H	28
10	Parche pequeño	H	23
11	Daño de Sello de la junta	H	28
12	Grieta lineals	H	28
13	Hueco	H	13
14	Hueco	M	13
15	Grietas lineales	M	13
16	Daño de la sella junta	H	13
17	Hueco	M	13
18	Punzonamiento	M	13
19	Daño de la sella junta	M	23
20	Daño de la sella junta	H	19
21	Hueco	L	13
22	Hueco	L	13
23	Grietas Lineales	M	28
24	Descarramiento de juntas	H	39
25	hueco	M	13
26	Punzonamiento	H	34
27	Blowup	H	21
28	Grietas Lineales	H	28
29	Descarramiento de juntas	H	39
30	Parche Grande	H	29
31	Parche Grande	H	29
32	Parche Grande	H	29
33	Parche Grande	H	29
34	Parche Grande	H	29
35	Parche Grande	H	29
36	Grietas Lineales	H	28
37	Hueco	M	13
38	Parche Grande	H	29

Fuente: Elaboración propia.

Progresiva Inicial y Final: según el plano general de la zona de estudio se colocó las progresivas de cada unidad de muestra evaluada. (Ver Anexo I PLANOS).

II. Código de fallas: en este cuadro se codifica cada falla otorgándole un número acorde con lo establecido en la norma a la que estamos basándonos.

Evaluación de la condición: en este ítem se colocan los datos netos de la inspección visual hecha a las unidades de muestra, en la que se registran los siguientes datos:

- **Unidad de Muestreo:** para empezar la inspección se divide a la zona de estudio en unidades de muestreo, en este casillero se coloca el número de unidad de muestreo que se está evaluando.
- **Número de Losas:** se coloca en este recuadro el número de losas que compone la unidad de muestreo que se está inspeccionando, siendo el número máximo 20 losas por unidad de muestreo.
- **Código de Falla:** colocar según la Tabla V.3 el código que le compete a la falla que es analizada en ese momento.
- **Severidad:** cada falla reconocida en las losas tiene 3 diferentes severidades, “L” bajo, “M” medio y “H” alto, los que son colocados en este recuadro de acuerdo a la inspección que se hace.
- **Cantidad de falla:** se coloca en este recuadro la cantidad de veces que se repite cada falla con la misma severidad en la unidad de muestreo evaluada.
- **Esquema:** aquí se dibuja un esquema de las losas que componen la unidad de muestreo, detallando en que losas se ubican las diferentes fallas encontradas.

3.3.1.3 Inspección visual de la zona de estudio.

3.3.1.4 Descripción del trabajo de campo y levantamiento de datos.

La inspección visual y levantamiento de datos de la zona de estudio se realizó con ayuda del Formato PCI-02, teniendo como objetivo el registro y medición de todas las fallas presentes en las losas analizadas.

Continuamos resaltando las fallas a trabajar:

Figura 3.13 Levantamiento de datos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14 Levantamiento de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.15 Levantamiento de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.16 Levantamiento de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.17 Levantamiento de datos.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.5 Aplicación de la metodología PCI.

Se detallará la aplicación de la metodología, realizando el cálculo del PCI a una unidad de muestreo seleccionada aleatoriamente, con el fin de observar el procedimiento paso a paso de cómo realizar una evaluación de la condición, cómo obtener el índice de condición PCI y conocer la condición actual de la unidad de muestra.

Se tomará como ejemplo la unidad de muestra “AV. FRANCISCO VILLA”. Mi persona como evaluadora identifico las progresivas del punto de inicio y punto final hasta interceptar la calle 25 de agosto, definieron las características geométricas, y posteriormente se empecé con el registro de los datos en la hoja formato PCI-02.

Tabla 3.19 Hoja de inspección.

Pavimento de hormigon						
Hoja de inspeccion de condiciones para unidad de muestra						
Inspeccionado por:	Madariaga Maria Belen	Falla	19	Area Losa (m2)	12,50	(3,5x3,5)
				Area Afectada (m2)	58,74	m2
Tipo de falla		Interpretacion de las losas afectadas				
19. Meteorizacion 21. Pandeo 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de durabilidad "D" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel Carril / Berma 28. Grieta lineal 29. Parche Grande (Área > 0.45m2) 30. Parche Pequeño (Área < 0.45m2) 31. Pulimento de Agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce de vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.20 Hoja de inspección.

Nº Falla	Tipo de falla	Severidad	Codigo
1	Losa dividida	M	23

Fuente: Elaboración propia.

1) Cálculo de la densidad de falla.

$$VD = \frac{\text{Area total Afectada} * 100\%}{\text{Area de la losa} * \text{N}^\circ \text{Losas}} = \frac{58,74 * 100}{12,50 * 6} = 78.4$$

2) Cálculo de valor deducido.

Mediante uso del abaco = 68.6

3) Cálculo del valor deducido total (para q=1).

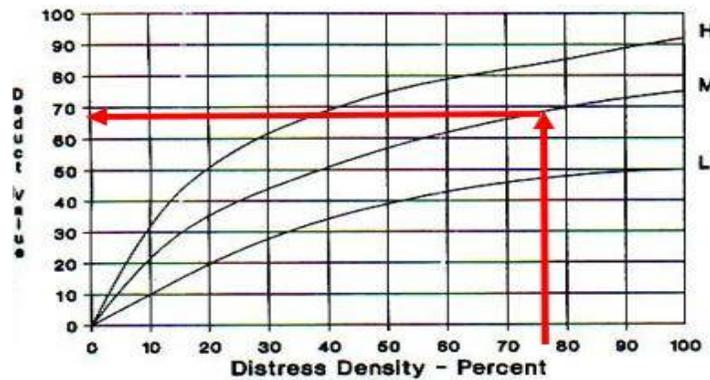
Mediante uso del abaco = 68.6

4) Cálculo del PCI y clasificación.

$$PCI = 100 - VDT = 100 - 68.6 = 31.4 \rightarrow \text{MALO}$$

Cálculo de valor deducido mediante ábaco (23).

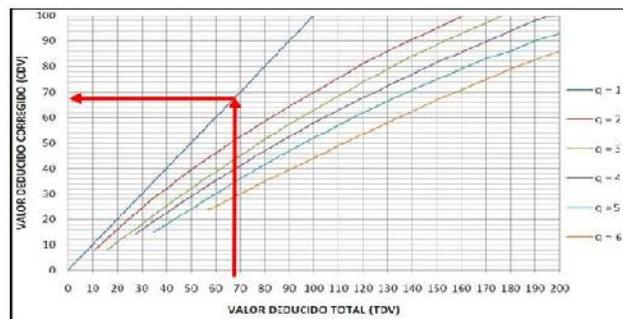
Figura 3.18 Ábaco (23).



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del valor deducido total (para $q=1$).

Figura 3.19 Ábaco valor corregido.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.20 Estado del PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.21 Los resultados del PCI.

N° Falla	Tipo de falla	Severidad	Código	PCI	
1	Losa dividida	M	23	31,43	Malo
2	Grietas lineales	H	28	49	Regular
3	Punzonamiento	M	23	27,99	Malo
4	Losa dividida	M	23	28,3	Malo
5	Grietas lineales	H	28	41,5	Regular
6	Descochamiento	H	19	20,8	Muy malo
7	Descochamiento	H	23	31	Malo
8	Losa dividida	H	19	25,26	Malo
9	Grieta de esquina	H	28	41,5	Regular
10	Parche pequeño	H	23	31	Malo
11	Daño de sello de la junta	H	28	49	Regular
12	Grietas lineales	H	28	48,8	Regular
13	Hueco	H	13	23,8	Malo
14	Hueco	M	13	23,8	Muy malo
15	Grietas lineales	M	13	23,8	Muy malo
16	Daño de la sella junta	H	13	23,8	Malo
17	Hueco	M	13	30,8	Malo
18	Punzonamiento	M	13	23,8	Muy malo
19	Daño de la sella junta	M	23	30,8	Malo
20	Daño de la sella junta	H	19	25,26	Malo
21	Hueco	L	13	28,8	Malo
22	Hueco	L	13	49,5	Regular
23	Grietas lineales	M	28	60,5	Bueno
24	Descarramiento de juntas	H	39	49	Regular
25	Hueco	M	13	16,8	Muy malo
26	Punzonamiento	H	34	19	Muy malo
27	Blowup	H	21	20,8	Muy malo
28	Grietas lineales	H	28	36,7	Malo
29	Descarramiento de juntas	H	39	59	Bueno
30	Parche grande	H	29	59	Bueno
31	Parche grande	H	29	50,8	Regular
32	Parche grande	H	29	52	Regular
33	Parche grande	H	29	52	Regular
34	Parche grande	H	29	50,8	Regular
35	Parche grande	H	29	49	Regular
36	Grietas lineales	H	28	40,9	Regular
37	Hueco	M	13	2	Fallado
38	Parche grande	H	29	49	Regular

Fuente: Elaboración propia.

3.4 MÉTODO TRADICIONAL DE MEDICIÓN IRI.

En este método se usa el Nivel de ingeniero y la mira, mediante cotas en un tramo seleccionado se realiza de la siguiente manera su aplicación en campo:

3.4.1 Determinación del Tramo.

Se determina calles con diferentes tipos de fallas de 10 metros de longitud 5 metros antes de la falla y 5 metros después de la falla.

3.4.1.1 Se Mide la Distancia de medición.

Se pasa al rayado del tramo a cada 500 mm. De distancia para poder lecturas en dicho rango.

Figura 3.21 Marcado del pavimento a cada 500 mm.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.22 Marcado del pavimento a cada 500 mm.



FUENTE: Elaboración propia.

3.4.1.2 Se Procede al levantamiento de Alturas.

Una vez determinado y marcado del pavimento se dispone al armado del equipo de nivel de ingeniero.

Figura 3.23 Armado del Nivel de ingeniero.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.24 Armado del Nivel de ingeniero.



Fuente: Elaboración propia.

Se determina la cota del primer punto, mediante el GPS. Y la lectura colocando la mira en el punto.

Figura 3.25 Lecturado de la cota y lecturado de la altura del punto.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.26 Lecturado de la cota y lecturado de la altura del punto.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.3 Determinación de las cotas

Después de haber lecturado las alturas correspondientes a cada punto, encontramos las cotas de cada punto aplicando las ecuaciones de Topografía.

3.4.1.4 Uso del Programa INPACO

Con el programa INPACO, es una herramienta auxiliar para determinar el IRI, donde se: Identifica el Tramo, Longitud del tramo, se ajusta la distancia de punto a punto que es 500 mm. Y se procede al colocado de las cotas determinadas anteriormente.

Figura 3.27 Datos del desnivel 5m (adelante) de la falla 1.

Cns	Abscisa	Cota (m)
1	0.00	1.247.947
2	0.50	1.247.939
3	1.00	1.247.931
4	1.50	1.247.928
5	2.00	1.247.921
6	2.50	1.247.919
7	3.00	1.247.912
8	3.50	1.247.901
9	4.00	1.247.899
10	4.50	1.247.878
11	5.00	1.247.871

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.28 Datos del desnivel 5m (atrás) de la falla 1.

Cns	Abscisa	Cota (m)
1	0.00	1.247.566
2	0.50	1.247.562
3	1.00	1.247.572
4	1.50	1.247.577
5	2.00	1.247.576
6	2.50	1.247.574
7	3.00	1.247.581
8	3.50	1.247.583
9	4.00	1.247.595
10	4.50	1.247.590
11	5.00	1.247.584

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.5 IRI Determinado por el Método Tradicional de Medición

Se determinó el Índice de Rugosidad Internacional, mediante cotas de cada punto y usando el programa INPACO.

Figura 3.29 Calculo del IRI adelante de la falla.

MINISTERIO DE TRANSPORTE - UNIVERSIDAD DEL CAUCA		CALCULO DEL COEFICIENTE 'IRI' [Método MIRA Y NIVEL] 05-1994	
Delta X [500 mm]	Delta X (mm)	500.00	
Identificación del Tra...	Número Total de Datos	11	
Entrada Información	Número de Datos Analizados	11	
Cálculo del IRI	% de Análisis	100.0	
Gráfica	Z1	2.08	
Imprimir Información	Z2	21.45	
Terminar	Z3	10.00	
	Z4	-191.45	
	Y	0.00	
	E RSi	53.397	
	IRI Calculado (m/km)	5.3397	

Fuente: Elaboración propia.

Resultado del IRI delante de la falla 1

IRI calculado 5.3397 m/km

Figura 3.30 Calculo del IRI detrás de la falla.

MINISTERIO DE TRANSPORTE - UNIVERSIDAD DEL CAUCA		CALCULO DEL COEFICIENTE 'IRI' [Método MIRA Y NIVEL] 05-1994	
Delta X [500 mm]	Delta X (mm)	500.00	
Identificación del Tra...	Número Total de Datos	11	
Entrada Información	Número de Datos Analizados	11	
Cálculo del IRI	% de Análisis	100.0	
Gráfica	Z1	0.13	
Imprimir Información	Z2	-12.66	
Terminar	Z3	-1.55	
	Z4	210.73	
	Y	-2.00	
	E RSi	55.527	
	IRI Calculado (m/km)	5.5527	

Fuente: Elaboración propia.

Resultado de IRI atrás de la falla 1.

IRI calculado 5.5527 m/km

Tabla 3.22 Resultado IRI zona urbana método tradicional de medición.

N° Falla	Tipo de falla	IRI delante de la falla nivel ing. (m/km)	IRI atrás de la falla nivel ing. (m/km)
1	Losa dividida	5,3397	5,5527
2	Grietas lineales	5,0375	5,2542
3	Punzonamiento	5,9306	5,8556
4	Losa dividida	5,6613	5,0566
5	Grietas lineales	5,8819	6,0599
6	Descochamiento	7,7311	7,0898
7	Descochamiento	6,4061	7,5132
8	Losa dividida	7,3377	5,8702
9	Grieta de esquina	6,472	7,7353
10	Parche pequeño	6,0199	6,0199
11	Daño de sello de la junta	6,2529	6,1674
12	Grietas lineales	7,6394	7,7759
13	Hueco	5,2711	5,1988
14	Hueco	7,13	7,6394
15	Grietas lineales	5,4356	7,9124
16	Daño de la sella junta	5,1234	6,0423
17	Hueco	6,9882	6,7388
18	Punzonamiento	6,6574	5,181
19	Daño de la sella junta	7,898	7,7122
20	Daño de la sella junta	7,2213	7,8279
21	Hueco	5,4555	4,5154
22	Hueco	4,4429	4,3261
23	Grietas lineales	6,8318	4,5333
24	Descarramiento de juntas	4,7164	4,3278
25	Hueco	6,5747	4,848
26	Punzonamiento	5,0676	5,6527
27	Blowup	5,8564	5,58
28	Grietas lineales	5,6765	4,206
29	Descarramiento de juntas	4,2493	4,4238
30	Parche grande	6,9467	4,2949
31	Parche grande	4,7283	4,3705
32	Parche grande	4,4624	4,7109
33	Parche grande	4,3557	5,7656
34	Parche grande	5,1146	4,9817
35	Parche grande	4,4736	4,8541
36	Grietas lineales	4,8579	4,3123
37	Hueco	4,4736	5,8541
38	Parche grande	4,8579	4,3123

Fuente: Elaboración propia.

3.5 EVALUACION DE ESTADO INTERNO

3.5.1.1 Método extracción de testigos

Descripción general

Esta máquina simple pero robusta es una unidad portátil, que se puede llevar fácilmente en un camión de transporte. El potente motor de 6 HP es más que adecuado para todos los tipos de trabajo y materiales. El peso relativamente pesado (110 kg) contribuye a la estabilidad de la máquina durante la extracción de las muestras. Las brocas de extracción que proponemos tienen un acoplamiento estándar que asegura la mejor alineación, de montaje y desmontaje rápido y fácil.

Figura 3.31 Equipo de extracción de testigos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.32 Equipo de extracción de testigos.



Fuente: Elaboración propia.

PROCEDIMIENTO

3.5.1.2 Toma de muestras en el pavimento rígido de Entre Ríos

Para que la extracción de un testigo resulte eficiente es indispensable tener presente las siguientes precauciones:

La broca debe ser las adecuadas respecto a calidad y dimensiones para el tipo de trabajo a realizar y deben encontrarse en buenas condiciones, en mi caso fue para pavimento rígido y la dimensión de la broca fue de 2”.

Se debe de marcar la superficie donde se pretende hacer la extracción del testigo, con el fin de que si se presenta algún inconveniente tengamos la base de apoyo de donde debe estar ubicado el equipo.

Figura 3.33 Equipo de extracción de testigos (Broca).



Fuente: Elaboración propia.

La presión del agua debe ser suficiente para una adecuada refrigeración, aspecto que incide en una buena operación y en la vida útil de la broca.

Ya que si no tenemos en cuenta este dato del agua para la refrigeración de la broca esta tiende a calentarse el diamante y se puede dañar.

Figura 3.34 Equipo de extracción de testigos (Manguera para el agua).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.35 Equipo de extracción de testigos (Manguera para el agua).



Fuente: Elaboración propia.

La presión de corte aplicada debe concordar con la capacidad del equipo empleado. El equipo deberá asentarse sobre la superficie, de forma que la broca se apoye perpendicularmente sobre ella y los dispositivos de fijación aseguren la estabilidad durante la extracción.

Figura 3.36 Extracción de testigo (Entre Ríos).



Fuente: Elaboración propia.

Se inicia el corte a baja velocidad y presión moderada, hasta que los dientes de la broca hayan penetrado en el elemento a muestrear. Una vez alcanzada esa condición, se aumenta la velocidad y la presión hasta los niveles normales para un adecuado rendimiento. Se deben mantener esos niveles constantes durante todo el tiempo que dure la extracción, de manera que se asegure una geometría uniforme en el testigo.

Figura 3.37 Extracción de testigo (Entre Ríos).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.38 Extracción de testigo (Entre Ríos).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.39 Extracción de testigo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.40 Extracción de testigo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.41 Extracción de testigo (Entre Ríos).



Fuente: Elaboración propia.

Los testigos extraídos se deben identificar claramente de acuerdo a un código de registro que incluya al menos un número consecutivo, la abscisa y la vía. Para marcar utilice pintura u otro producto de marcación indeleble.

Se depositan los testigos, previamente marcados e identificados, en bolsas y luego depositarlos en cajas de embalaje, impermeables, sólidas, con tapa y con aserrín o equivalente, para evitar que se alteren sus propiedades durante el traslado al laboratorio.

Figura 3.42 Identificación de testigos.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se rellenan los agujeros dejados por la extracción de testigos.

Este procedimiento se aplicó para las 38 fallas identificadas mencionadas anteriormente en la técnica superficial para nuestro estudio.

3.5.1.3 Estudio de resistencia de nuestras muestras obtenidas

Previo a estos ensayos tomamos en cuenta algunos parámetros para los cálculos.

Antes del ensayo, se deberá medir la longitud del núcleo, longitud que se empleará para el cálculo de la relación longitud/diámetro. El diámetro se determinará promediando dos (2) medidas tomadas en ángulos rectos entre sí, aproximadamente en la mitad de la probeta. Siempre que sea posible.

En nuestro caso tenemos una longitud de 17 cm espesor de nuestras probetas obtenidas con un diámetro de 5cm.

Figura 3.43 Espesor de losa.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.44 Diámetro de probeta.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo relación longitud/diámetro:

$$\frac{\text{Longitud (cm)}}{\text{Diámetro (cm)}} = \text{Relacion (cm)}$$

La relación h/d en nuestro caso nos daría 2 cm

El diámetro se determinará promediando dos (2) medidas tomadas en ángulos rectos entre sí, aproximadamente en la mitad de la probeta. Siempre que sea posible.

Entonces la longitud empleada para trabajar es de 10cm.

Cálculo de la resistencia:

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{area cm}^2}$$

Y el área de un círculo es:

$$\text{área} = \pi * r^2$$

En nuestro caso tendremos un área de:

$$\text{área} = \pi * (2,5)^2$$

$$\text{área} = 19,63 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Si la relación longitud/diámetro es apreciablemente inferior a dos (2), la resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica a continuación:

Tabla 3.23 Factor de corrección.

Relación L/D	Factor de corrección de resistencia
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,93
1	0,87

Fuente: Elaboración propia.

En nuestro caso según norma nuestro factor de corrección será 1 por que la longitud/diámetro es 2.

Tabla 3.24 Factor de corrección.

Núcleo rot. N°	h cm.	Diam. cm.	Fechas		Edad días	Carga de rotura kg.
			Extracción	Rotura		
1	10	5	28/4/2022	7/5/2022	9	3400

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo relación longitud/diámetro:

$$\frac{10 \text{ (cm)}}{2 \text{ (cm)}} = 2 \text{ (cm)}$$

Cálculo del área:

$$\text{área} = 19,63 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Figura 3.45 Rotura de probeta.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.46 Rotura de probeta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.47 Equipo a rotura a compresión de probetas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.48 Equipo a rotura a compresión de probetas.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la resistencia:

$$\text{Resistencia} = \frac{3400}{19.63 \text{ cm}^2} = 173,204 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 3.25 Cálculo de la resistencia de probetas.

Rel. h/d	Área cm ²	Resistencia kg./cm ²	Corrección por esbeltez	Resistencia corregida	Código en obra
2	19,63	173,204	1	173,204	Av. Francisco Villa

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.26 Resultado de los 38 testigos extraídos en campo.

Nucleo rot. N°	h cm.	Diam. Cm.	Fechas		Esdad dias	Carga de rotura kg.	Rel. h/d	Area cm²	Resistencia kg/cm²	Correccion por esbeltez	Resistencia corregida	Codigo de obra
			Extraccion	Rotura								
1	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3400	2,00	19,63	173,204	1,00	173,204	Av. Francisco Villa
2	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3700	2,00	19,63	188,487	1,00	188,487	Av. Francisco Villa
3	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3450	2,00	19,63	175,751	1,00	175,751	Av. Francisco Villa
4	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3570	2,00	19,63	181,864	1,00	181,864	Av. Francisco Villa
5	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3460	2,00	19,63	176,261	1,00	176,261	Av. Francisco Villa
6	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3480	2,00	19,63	177,280	1,00	177,280	Av. Francisco Villa
7	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3960	2,00	19,63	201,732	1,00	201,732	Calle 25 de agosto
8	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle 25 de agosto
9	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3960	2,00	19,63	201,732	1,00	201,732	Calle Potosi
10	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4950	2,00	19,63	252,165	1,00	252,165	Calle Potosi
11	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4870	2,00	19,63	248,090	1,00	248,090	Calle Potosi
12	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4670	2,00	19,63	237,901	1,00	237,901	Calle Potosi
13	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3010	2,00	19,63	153,337	1,00	153,337	Calle Potosi
14	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle Potosi
15	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle Potosi
16	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3860	2,00	19,63	196,638	1,00	196,638	Calle Potosi
17	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3720	2,00	19,63	189,506	1,00	189,506	Calle Potosi
18	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3871	2,00	19,63	197,198	1,00	197,198	Calle Potosi
19	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3120	2,00	19,63	158,940	1,00	158,940	Calle 1ro de mayo
20	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3321	2,00	19,63	169,180	1,00	169,180	Calle 1ro de mayo
21	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3328	2,00	19,63	169,536	1,00	169,536	Calle 1ro de mayo
22	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3323	2,00	19,63	169,282	1,00	169,282	Calle 1ro de mayo
23	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3333	2,00	19,63	169,791	1,00	169,791	Calle 1ro de mayo
24	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3325	2,00	19,63	169,384	1,00	169,384	Calle 1ro de mayo
25	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3367	2,00	19,63	171,523	1,00	171,523	Calle 1ro de mayo
26	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3327	2,00	19,63	169,485	1,00	169,485	Calle 1ro de mayo
27	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	321	2,00	19,63	16,353	1,00	16,353	Calle 1ro de mayo
28	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4329	2,00	19,63	220,530	1,00	220,530	Calle 1ro de mayo
29	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4336	2,00	19,63	220,886	1,00	220,886	Calle 1ro de mayo
30	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4331	2,00	19,63	220,632	1,00	220,632	Calle 1ro de mayo
31	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4823	2,00	19,63	245,695	1,00	245,695	Calle alianza
32	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4080	2,00	19,63	207,845	1,00	207,845	Calle alianza
33	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle alianza
34	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3850	2,00	19,63	196,128	1,00	196,128	Calle alianza
35	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3780	2,00	19,63	192,562	1,00	192,562	Calle alianza
36	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3034	2,00	19,63	154,559	1,00	154,559	Calle alianza
37	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3560	2,00	19,63	181,355	1,00	181,355	Calle alianza
38	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3780	2,00	19,63	192,562	1,00	192,562	Calle alianza

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Método granulométrico

Para el método granulométrico primeramente lo que hicimos fue obtener nuestro material de 5 diferentes puntos para aplicarlo en el método granulométrico con el objetivo que se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total y saber la clasificación de nuestra sub base.

MATERIAL Y EQUIPO.

MATERIALES.

- Arena y grava.

EQUIPO.

- Balanza de torsión. 0.1g de precisión.

-Juego de mallas o tamices No 1", 1 ½", 2", 2 ½", 3", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°40 y 200

-Charola de fondo y tapa.

- Charola de lámina galvanizada.

- Arena cuarteada.

- Brochuelo de cerda y cepillo de alambre.

- Agitador mecánico de mallas.

- Brocha pequeña.

- Horno.

Figura 3.49 Tamiz (2 ½").



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.50 Tamiz (2").



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.51 Tamiz (1").



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.52 Tamiz (1 ½“). **Figura 3.53** Tamiz (¾”). **Figura 3.54** Tamiz (3/8”).



Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.55 Tamiz (N°4).

Figura 3.56 Tamiz (N°10).

Figura 3.57 Tamiz (N°40).



Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.58 Tamiz (N°200).



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2.1 Procedimiento para material más fino por lavado

- Pese una cantidad de arena seca con una precisión del 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.
- Después de secado y determinada la masa, coloque la muestra de ensayo en el recipiente y adicione suficiente agua para cubrirla. Agite la muestra con suficiente fuerza para que resulte en la separación completa de las partículas más finas que la malla N° 200 de las partículas gruesas, y llevar el material fino en suspensión.
- Montar el tamiz N° 4 sobre la malla N° 200.
- Inmediatamente vaciar el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices montados.
- Adicione una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agite y decante como antes. Repita esta operación hasta que el agua de lavado sea clara.
- Regrese todo el material retenido en la serie de mallas echando agua para limpiar la muestra lavada.
- Seque el agregado lavado a masa constante a una temperatura de 110 y 5 °C y determine la masa con una precisión de 0.1% de la masa original de la muestra

3.5.2.2 Procedimiento para el ensayo método de ensayo estándar

- Seque una muestra de arena con a una temperatura de 110 y 5 °C en el horno.
- Pese una cantidad de arena seca
- La muestra se debe colocar en la malla N°4, cuidando que el fondo se encuentre ensamblado con la malla. Tapar la malla y sacudir manualmente por espacio de 3 a 5 minutos.
- Superpones las mallas que restan de mayor a menor diámetro se abertura. Verter la muestra que paso la malla N°4 en la malla superior (antes verificar que el fondo este colocado)
- Adicione una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agite y decante como antes. Repita esta operación hasta que el agua de lavado sea clara.
- Regrese todo el material retenido en la serie de mallas echando agua para limpiar la muestra lavada.
- Seque el agregado lavado a masa constante a una temperatura de 110 y 5 °C y determine la masa con una precisión de 0.1% de la masa original de la muestra.

3.5.2.3 Procedimiento método de ensayo estándar agregado grueso y fino

- Seque una muestra de arena con a una temperatura de 110 y 5 °C en el horno.
- Pese una cantidad de arena seca
- La muestra se debe colocar en la malla N°4, cuidando que el fondo se encuentre ensamblado con la malla. Tapar la malla y sacudir manualmente por espacio de 3 a 5 minutos.
- Superpones las mallas que restan de mayor a menor diámetro se abertura. Verter la muestra que paso la malla N°4 en la malla superior (antes verificar que el fondo este colocado)

Figura 3.59 Superposición de mallas.



Fuente: Elaboración propia

Colocar el juego de mallas en el vibrador mecánico por espacio de 10 a 15 minutos.

Figura 3.60 Juego de mallas en el vibrador.



Fuente: Elaboración propia.

Colocar las porciones retenidas en cada malla en charolas y pesar dichas cantidades retenidas.

Nota: Al retirar cada porción del tamiz que le corresponde, se debe tener el cuidado de dejar limpias las mallas, para esto se utiliza el cepillo y la brocha pequeña.

Registrar los datos en la tabla de resultados.

DATOS:

Tabla 3.27 Retenido en el tamiz de material grueso.

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Av. Franciaco Villa (rotonda)
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.28 Humedad higroscópica.

Humedad higroscópica %Hh	Muestra total seca Pts
Suelo húmedo+tara (P1) = 31,17 grs.	Muestra total húmeda (Pht) = 3000 grs.
Suelo seco+tara (P2) = 30,38 grs.	Agregado Grueso (Ret. N° 4)= 1191,00 grs.
Peso del agua (Pa=P1-P2) = 0,79 grs.	Pasa N° 4 húmedo (Mh) = 1809,00 grs.
Peso de la tara (Pt) = 26 grs.	Pasa N° 4 seco (Ms) :
Peso suelo seco (Ps=P2-Pt) : 4,38 grs.	$M_s = \frac{M_h \cdot 100}{100 + \%Hh} = 1532,58 \text{ grs.}$
Porcentaje humedad (%Hs) :	
$\%Hh = \frac{P_a}{P_s} \cdot 100 = 18,04 \text{ grs.}$	Muestra total seca, Pst = A.G.+Ms = 2723,58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.29 Retenido en cada tamiz

Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)
3"	76,20	0,00
2 ½"	63,50	0,00
2"	50,80	0,00
1 ½"	38,10	95,0
1"	25,40	70,00
¾"	19,05	76,00
⅜"	9,53	550,00
Nº 4	4,75	400,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.30 Retenido en el tamiz del material fino.

Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)
Nº 10	2,000	132,00
Nº 40	0,425	179,24
Nº 200	0,075	70,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.31 Cálculos para el agregado grueso.

Análisis de tamices del agregado grueso					
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa del total
			(grs.)	(%)	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00
2 ½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	95,0	95,00	3,49	96,51
1"	25,40	70,00	165,00	6,06	93,94
¾"	19,05	76,00	241,00	8,85	91,15
⅜"	9,53	550,00	791,00	29,04	70,96
Nº 4	4,75	400,00	1191,00	43,73	56,27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.32 Cálculos para el agregado grueso.

Análisis del mortero de suelo		
Pasa N° 4 húmedo (Sh) =	500,00	grs.
Pasa N° 4 Seco (Ss) =	423,60	grs.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.33 Análisis de tamices.

Análisis de tamices del agregado fino						
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa sin corregir	% pasa del total
			(grs.)	(%)		
N° 10	2,000	132,00	132,00	31,16	68,84	38,74
N° 40	0,425	179,24	311,24	73,48	26,52	14,93
N° 200	0,075	70,00	381,24	90,00	10,00	5,63

Fuente: Elaboración propia.

1) Retenido Acumulado (grs)

$$\text{Ret. Acumulado} = \text{Retenido Acumulado} + \text{Suma del Retenido}$$

2) Retenido Acumulado Tamiz N° 4

$$\text{Ret. Acumulado} = 400 + 826$$

$$\text{Ret. Acumulado} = 1.226(\text{gr})$$

3) Retenido Acumulado (%)

$$\% \text{Ret.} = \frac{\text{Retenido Acumulado (gr)}}{\text{Muestra total seca, Pst}} * 100$$

4) Retenido Tamiz 1"

$$\text{Ret.} = \frac{200(\text{gr})}{2909,76} * 100$$

$$\text{Ret.} = 6,86$$

5) Retenido Acumulado

$$\text{Ret. Acumulado} = \text{Retenido Acumulado} + \text{Suma del Retenido}$$

6) % que pasa del total

$$\% \text{ que pasa del total} = 100 - \text{Ret. Acumulado}$$

7) % pasa N° 4

$$\% \text{ que pasa del total} = 100 - 42,07$$

$$\% \text{ que pasa del total} = 57,93(\text{gr})$$

8) Para el agregado fino se corrige para obtener el % que pasa del total

Ejemplo Tamiz N°10:

9) % que pasa del total del fino corregido

$$\% \text{ que pasa del total del fino corregido} = \frac{\% \text{ que pasa sin corregir} * \% \text{ que pasa en total N}^\circ 4 \text{ (gr)}}{100}$$

$$\% \text{ que pasa del total del fino corregido} = \frac{72,22 * 57,93 \text{ (gr)}}{100}$$

$$\% \text{ que pasa del total del fino corregido} = 41,84 \text{ (grs)}$$

Finalmente se grafica la curva granulométrica

Figura 3.61 Curva Granulométrica.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.34 Composición del suelo (resultados).

Composición Porcentual del Suelo			
Grava :		43,73	
Arena :	50,64	Gruesa :	17,53
		Media :	23,81
		Fina :	9,30
Limo y Arcilla :		5,63	

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo composición del suelo

Cálculo para obtener el total de Grava

$$\text{Grava} = 100 - \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 4$$

$$\text{Total de grava} = 100 - 57,93$$

$$\text{Total de grava} = 42,10(\text{gr})$$

Cálculo para obtener el total de Arena

$$\text{Arena} = \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 4 - \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 200$$

$$\text{Total, de Arena} = 57,93 - 11,45$$

$$\text{Total, de Arena} = 46,45(\text{gr})$$

Y la misma se sub divide en:

$$\text{Arena gruesa} = \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 4 - \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 10$$

$$\text{Arena gruesa} = 57,93 - 41,84$$

$$\text{Arena gruesa} = 16,08 (\text{gr})$$

$$\text{Arena media} = \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 10 - \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 40$$

$$\text{Arena media} = 41,84 - 19,98$$

$$\text{Arena media} = 21,84 (\text{gr})$$

$$\text{Arena Fina} = \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 40 - \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 200$$

$$\text{Arena Fina} = 19,98 - 11,44$$

$$\text{Arena Fina} = 8,53 (\text{gr})$$

Limo y Arcilla

$$\text{Limo y Arcilla} = \% \text{ Total que pasa Tamiz N}^\circ 200$$

$$\text{Limo y Arcilla} = 11,44 (\text{gr})$$

3.6 MÉTODO LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO DEL SUELO

Aplicamos el límite líquido y plástico con el objetivo de poder determinar los contenidos de humedad que definen las fronteras entre los estados de consistencia semilíquido, plástico y semisólido, denominadas límite líquido y límite plástico, de una muestra de suelo pasante el tamiz N°40.

EQUIPOS Y MATERIALES.

Figura 3.62 Aparato Casagrande con su ranurador.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.63 Tamiz N° 40.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.64 Juego de pequeñas taras.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.65 Bandeja, platillo, espátula y balanza.



Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.1 Procedimiento Límite líquido.

- 1) Mi muestra obtenida se debe de secar en el horno un día antes para evitar dificultades con el porcentaje de humedad, una vez seca se procedió al tamizaje con el tamiz N° 40.
- 2) Dentro de un recipiente (platillo), se agregó suficiente agua a la muestra que pasó dicho tamiz, con el fin de formar una pasta de consistencia suave, similar a la mantequilla

blanda, esto se pudo lograr con ayuda de una pequeña espátula que con movimientos suaves y por 5 minutos pudimos homogeneizar todo completamente.

Figura 3.66 Pasta para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia.

- 3) Se ubicó nuestro aparato Casagrande en un lugar seguro, con ayuda de mi guía pudimos calibrar dicho aparato, que consistía en dejar pasar el ranurador del equipo, por debajo de él, determinando la altura de 1 centímetro. Se procedió a llenar la cuchara del aparato de Casagrande con masa con la ayuda de la espátula.

Figura 3.67 Procedimiento del ensayo.



Fuente: Elaboración propia.

- 4) Con el ranurador por la parte de en medio quitamos con un movimiento brusco un porcentaje de la masa, produciendo una ranura en medio de la cuchara.

Figura 3.68 Procedimiento del ensayo.



Fuente: Elaboración propia.

- 5) Se realizó la cantidad de golpes necesarios de la cuchara, hasta que las paredes de la ranura se unieran, hicimos un cuarteo y cierto porcentaje se quitó y se depositó en una tara, la cual previamente fue pesada y diferenciada para no confundir pesos. Se hizo el pesaje de dicha tara con su muestra dentro.

Figura 3.69 Procedimiento de ensayo.



Fuente: Elaboración propia.

Esto se realizó para diferentes masas, es decir, aumentamos al azar cierta cantidad de suelo seco para alterar su porcentaje de humedad. Este dicho contenido de humedad calculamos posteriormente, después del secado de dichas taras con su muestra, que fueron expuestas al horno. Y así se concluyó con la primera parte.

3.6.1.2 Procedimiento Límite Plástico.

1. Con la misma masa anterior, pero aumentando un poco de suelo seco, se procedió a realizar la segunda parte, formando pequeñas bolitas para que tomen cierto secado se hicieron varias para elegir la indicada.

Figura 3.70 Preparación del material.



Fuente: Elaboración propia.

2. Estas bolitas las formamos pequeños rollos de al menos 3 milímetros de diámetro y una longitud que variaba entre 4 a 6 centímetros.

Figura 3.71 Preparación del material.



Fuente: Elaboración propia.

3. Cortamos los rollos variados tamaños, observando antes que exista ciertas rajaduras pequeñas en ella.

Figura 3.72 Observación para análisis de la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

4. Se colocó dicho rollito dentro de una tara previamente pesada y diferenciada, y luego se procedió al pesaje de la misma.

Figura 3.73 Pesando el material para los resultados.



Fuente: Elaboración propia.

5. Después de ser pesadas todas las taras con sus respectivos contenidos, se concluyó introduciendo todas las taras en una bandeja grande, al horno.

Figura 3.74 Secado de material.

Fuente: Elaboración propia.

CÁLCULOS.

Límite Líquido.

Datos:

Tabla 3.35 Cálculo de Límite Líquido.

Límite Líquido			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	27	37
Recipiente No.	72	151	8
P_1	56,66	38,96	37,72
P_2	54,62	37,28	36,97
P_3	46,40	30,19	33,63
P_w	2,04	1,68	0,75
P_s	8,22	7,09	3,34
W%	24,82	23,70	22,46

Fuente: Elaboración propia

$P_3 =$ Peso Recipiente, en g

$$P_3 = 46,40$$

$P_1 =$ Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g

$$P_1 = 56,66$$

$P_2 =$ Peso Recipiente + Suelo Seco, en g

$$P_2 = 54,62$$

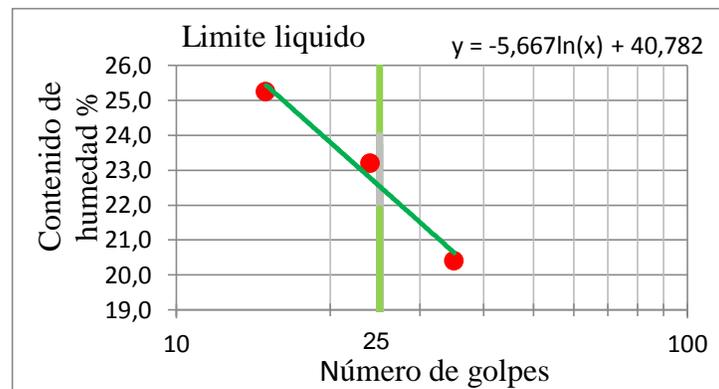
$P_S =$ Peso Suelo Seco, en g

$$P_S = 8,22$$

$W =$ Contenido de agua %

$$W = 24,28$$

Figura 3.75 Gráfico del limite liquido a 25 golpes.



Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo límite plástico.

Tabla 3.36 Calculo límite Plástico

Límite Plástico			
Recipiente No.	1	3	72
P_1	31,17	32,23	33,85
P_2	30,38	31,44	33,13
P_3	26,00	27,13	29,20
P_w	0,79	0,79	0,72
P_s	4,38	4,31	3,93
$W\%$	18,0	18,3	18,3

Fuente: Elaboración propia

$P_3 =$ Peso Recipiente, en g

$P_3 = 26,0$

$P_1 =$ Peso Recipiente + Suelo Húmedo, en g

$P_1 = 32,71$

$P_2 =$ Peso Recipiente + Suelo Seco, en g

$P_2 = 31,65$

$P_S =$ Peso Suelo Seco, en g

$P_S = 5,65$

$W =$ Contenido de agua %

$W = 18,8$

3.6.2 MÉTODO ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO.

El objetivo principal es determinar la humedad óptima de cierto suelo, con la cual alcanzará su densidad máxima en la compactación por el método Proctor Modificado T-180.

3.6.2.1 Equipo y materiales.

Los materiales y equipo utilizado en la práctica fueron los siguientes:

- Molde de Proctor modificado T-180
- Apisonador o martillo de 10 lb.
- Regla metálica para enrasar
- Balanza con una aproximación de 0,1gr.
- Horno a temperatura de 110°C
- Probeta graduada 1000ml
- Cinco Taras
- Espátula
- Fuente y platos para el pesado de la muestra
- Utensilios de limpieza (trapos, secadora, etc.)
- Aspersor

3.6.2.2 Procedimiento.

SE PROCEDIÓ DE LA SIGUIENTE MANERA:

- 1) Se dividió la muestra en cinco partes de aproximadamente 6 kg cada una, cada uno a diferente humedad.

Figura 3.76 Preparación de la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

- 2) Primeramente, se pesó el molde de compactación vacío y se registró dicho dato.
- 3) Con la muestra de aproximadamente 6kg, la misma que debe ser tamizada por la malla N° 10, se calculó el peso de agua que será agregada para el primer ensayo.
- 4) Se agrega una quinta parte de la muestra (primera capa) ya humedecida. Con el martillo de 10 lb y 18" de caída libre compactamos la primera capa, utilizando 56 golpes los que se fueron haciendo de manera uniforme en toda la muestra y cuidando que el aparato se encuentre siempre vertical.

Figura 3.77 Compactación del material.



Fuente: Elaboración propia.

- 5) Se realiza el mismo procedimiento anterior para las 4 capas restantes
- 6) Una vez finalizado las cinco capas, se retira el collarín del molde, se procede a enzarzar la superficie del suelo, de manera que quede lo más liso, horizontal y uniforme posible.

Figura 3.78 Enzarzando el material.



Fuente: Elaboración propia.

- 7) Se limpia el molde, se pesa y registra el peso del molde más el suelo compactado.
- 8) Luego se voltea el molde y se lo coloca sobre el collarín y con el martillo T-180 se empieza a dar golpes para que la muestra compactada se libere del molde, con la ayuda de una espátula se descarta los bordes de la muestra compactada y se extrae la parte central de la muestra compactada, se la coloca en una tara pequeña para su respectivo pesaje y previamente se lo dejara en el horno durante 24 horas. para así poder obtener el contenido de humedad real de la muestra compactada.

Figura 3.79 Material compactado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.80 Material compactado.



Fuente: Elaboración propia.

- 9) Se repite todo el procedimiento desde el paso 3, haciendo variar las humedades en 8, 12, 17, 24 y 30 % de humedad en peso total.

DATOS:

DATOS INICIALES:

Procedencia: Entre Ríos Av. Francisco Villa (Rotonda)

Proctor: T-180

- Cálculo del Volumen:

$$\text{Diámetro: } D = 6'' = 15,24 \text{ cm} = 0,1524 \text{ m}$$

$$\text{Altura: } H = 11,60 \text{ cm} = 0.116 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot H \cdot D^2 / 4$$

$$V = 2116,01 \text{ cm}^3$$

Tabla 3.37 Datos para calcular la densidad.

Nº de capas		5	5	5	5	5
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10357	10781	11014	10980	10520
Peso del molde	g	5886	5886	5886	5886	5886

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.38 Datos para calcular la humedad.

Tara Nº	pza	19	33	30	44
Peso suelo húmedo + tara	g	326,42	395,61	319,69	372,57
Peso suelo seco + tara	g	314,15	374,65	300,87	347,12
Peso del agua	g	12,27	20,96	18,82	25,45
Peso de la tara	g	63,82	47,17	59,54	73,42

Fuente: Elaboración propia

CÁLCULOS Y RESULTADOS.

Para la densidad húmeda:

- Peso del Suelo Húmedo: $W_{sh} = (W_{sh} + W_{molde}) - W_{molde}$

$$W_{sh1} = 10357 - 5886 = 4471 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 1}$$

$$W_{sh2} = 10781 - 5886 = 4895 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 2}$$

$$W_{sh3} = 11014 - 5886 = 5128 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 3}$$

$$W_{sh4} = 10980 - 5886 = 5094gr \quad \text{Ensayo 4}$$

$$W_{sh5} = 10520 - 5886 = 4634 gr \quad \text{Ensayo 5}$$

➤ Densidad del Suelo Húmedo: $\rho_{sh} = \frac{W_{sh}}{V}$

$$\rho_{sh1} = 4471 gr / 2144,83 cm^3 = 2,085 gr/cm^3 \quad \text{Ensayo 1}$$

$$\rho_{sh2} = 4895 gr / 2144,83 cm^3 = 2,282 gr/cm^3 \quad \text{Ensayo 2}$$

$$\rho_{sh3} = 5128 gr / 2144,83 cm^3 = 2,391 gr/cm^3 \quad \text{Ensayo 3}$$

$$\rho_{sh4} = 5094 gr / 2144,83 cm^3 = 2,375 gr/cm^3 \quad \text{Ensayo 4}$$

$$\rho_{sh5} = 4634gr / 2144,83 cm^3 = 2,161 gr/cm^3 \quad \text{Ensayo 5}$$

Para la humedad:

➤ Peso del Agua: $W_w = (\text{Peso tara} + P_{sh}) - (\text{Peso tara} + P_{ss})$

$$W_{w1} = 326,42 - 314,15 = 12,27 gr \quad \text{Ensayo 1}$$

$$W_{w2} = 395,61 - 374,65 = 20,96gr \quad \text{Ensayo 2}$$

$$W_{w3} = 319,69 - 300,87 = 18,82 gr \quad \text{Ensayo 3}$$

$$W_{w4} = 372,57 - 347,12 = 25,45 gr \quad \text{Ensayo 4}$$

$$W_{w5} = 392,16 - 361,02 = 31,14gr \quad \text{Ensayo 2}$$

➤ Peso del Suelo Seco: $P_{ss} = (\text{Peso tara} + P_{ss}) - (\text{Peso tara})$

$$P_{SS1} = 314,15 - 63,82 = 250,33gr \quad \text{Ensayo 1}$$

$$P_{SS2} = 374,65 - 47,17 = 327,48 gr \quad \text{Ensayo 2}$$

$$P_{SS3} = 300,87 - 59,54 = 241,33 gr \quad \text{Ensayo 3}$$

$$P_{SS4} = 347,12 - 73,42 = 273,70 gr \quad \text{Ensayo 4}$$

$$P_{SS5} = 361,02 - 7533 = 285,69gr \quad \text{Ensayo 5}$$

➤ Contenido de Humedad: $\% w = \frac{W_w}{P_{ss}} \cdot 100\%$

$$\% w_1 = \frac{12,27}{250,33} \cdot 100 = 4,90 \% \quad \text{Ensayo 1}$$

$$\% w_2 = \frac{20,96}{327,48} \cdot 100 = 6,4 \% \quad \text{Ensayo 2}$$

$$\% w_3 = \frac{18,82}{241,33} \cdot 100 = 7,8 \% \quad \text{Ensayo 3}$$

$$\% w_1 = \frac{25,45}{273,70} \cdot 100 = 9,3 \% \quad \text{Ensayo 4}$$

$$\% w_1 = \frac{31,14}{285,69} \cdot 100 = 10,9 \% \quad \text{Ensayo 5}$$

➤ Corrección de la Densidad Seca: $\rho_{ss} = \frac{\rho_{sh} \cdot 100}{W + 100} \cdot 100$

$$\rho_{SS1} = \frac{2,085 \cdot 100}{4,90 + 100} * 1000 = 1987 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 1}$$

$$\rho_{SS2} = \frac{2,282 \cdot 100}{6,4} * 1000 = 2145 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 2}$$

$$\rho_{SS3} = \frac{2,391 \cdot 100}{7,8} * 1000 = 2218 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 3}$$

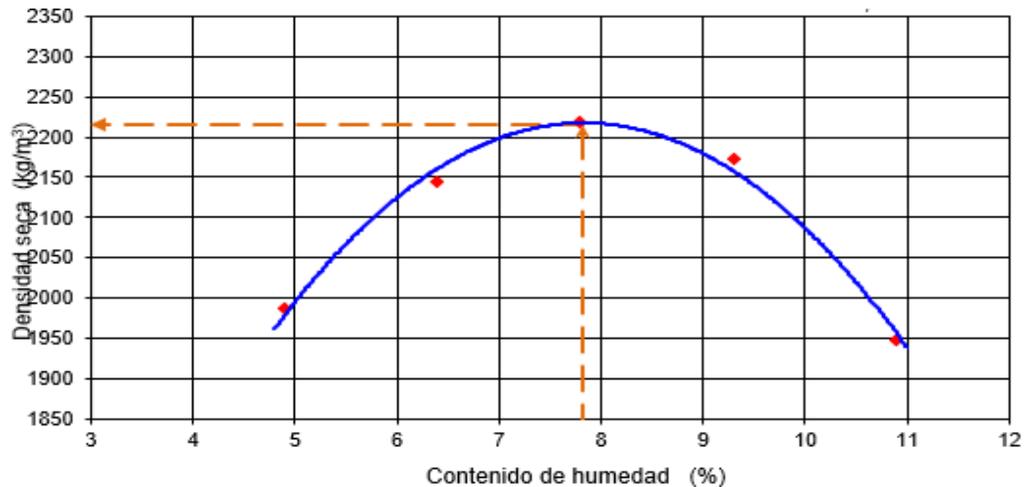
$$\rho_{SS4} = \frac{2,375 \cdot 100}{9,3} * 1000 = 2173 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 4}$$

$$\rho_{SS5} = \frac{2,161 \cdot 100}{10,9} * 1000 = 1948 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 5}$$

Tabla 3.39 Resultados de la práctica.

Nº de capas		5	5	5	5	5
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10357	10781	11014	10980	10520
Peso del molde	g	5886	5886	5886	5886	5886
Peso suelo húmedo	g	4471	4895	5128	5094	4634
Volumen de la muestra	cm ³	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	2,085	2,282	2,391	2,375	2,161
Tara Nº	pza	19	33	30	44	46
Peso suelo húmedo + tara	g	326,42	395,61	319,69	372,57	392,16
Peso suelo seco + tara	g	314,15	374,65	300,87	347,12	361,02
Peso del agua	g	12,27	20,96	18,82	25,45	31,14
Peso de la tara	g	63,82	47,17	59,54	73,42	75,33
Peso suelo seco	g	250,33	327,48	241,33	273,70	285,69
Contenido de humedad	%	4,9	6,4	7,8	9,3	10,9
Densidad de suelo seco	kg/m ³	1987	2145	2218	2173	1948

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.81 Curva de compactación.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3 MÉTODO ENSAYO DE CBR

Se aplico los ensayos del CBR con el objetivo principal de conocer cuál es la relación entre la penetración que se realiza a un suelo y la capacidad de soporte del mismo y al mismo tiempo es un método para evaluar la calidad relativa del suelo para subrasante, sub-base y base de pavimentos.

3.6.3.1 Procedimiento

- En el método C.B.R. el procedimiento comúnmente empleado para las muestras, es en líneas generales.
- En primer lugar, se seleccionó la cantidad de la muestra, luego procedimos a la compensación del mismo pasándolo por el tamiz $\frac{3}{4}$ " y Nro. 4 y se compenso por peso con el material intermedio entre $\frac{3}{4}$ " y Nro. 4.
- Se ensablo el molde cilíndrico, se introduce el disco y se colocó encima de este un papel filtro grueso de 6" de diámetro.
- La muestra que ha sido debidamente preparada se lo ha humedecido añadiendo la cantidad de agua que ha sido previamente determinada, se mezcla bien el material, a fin de obtener una muestra uniformemente húmeda y se tuvo que determinar su contenido de humedad.
- Se coloco la muestra dentro de un molde y se la compacto en 5 capas que tengan un espesor aproximadamente igual, haciendo caer el pisón 56 veces sobre cada capa. Esta

compactación se la hizo siguiendo un método indicado en el AASHO standard T-180 briqueta compactada deberá tener un espesor aproximado de 5”.

- Una vez compactada la muestra, se quitó el collarín metálico, se enraso algunas deformaciones de la parte superior, de aquella, con los bordes del molde cilíndrico, corrigiendo cualquiera irregularidad superficial, se volteo el molde y se quitó la base metálica perforada y el disco espaciador.
- Se pesaron el molde con la muestra y se tuvo que determinar la densidad y la humedad de aquella.
- Una vez determinada y la densidad de la muestra, se coloca un papel filtro grueso de 6” de diámetro sobre la superficie enrasada, se montó encima de esta superficie el plato metálico perforado, se volteará el molde.
- Sobre la superficie libre de la muestra se colocó un papel filtro grueso de 6” de diámetro y se montará el plato con el vástago graduable, luego, sobre el plato se colocará varias pesas de plomo.
- Se coloco el molde dentro de un tanque o un depósito de agua.
- Colocado el molde dentro del tanque, se monta el trípode con un extensómetro y se tomó registrando la “lectura inicial”.
- Luego cada 24 horas y por un periodo de 4 días se tomó y registro las lecturas del extensómetro.
- Posteriormente de las lecturas se dreño toda el agua del molde y se lo peso.
- Finalmente se procedió al incamiento aplicado cargas a 0.025”, 0.05”, 0.075”, 0.1”, 0.2”, 0.3”, 0.4” y 0.5”.
- Por último, al finalizar con todo se ha extraído tres muestras para el contenido de humedad, una del fondo, otra de la superficie y la última a 2” de profundidad de la superficie.

Datos:

Tabla 3.40 Clasificación de los materiales.

Tamiz :	3"	2"	1 ¹ / ₂ "	1"	³ / ₄ "	¹ / ₂ "	³ / ₈ "	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L. L. (%)	I. P. (%)	Clasificación
% Pasa :	100,0	100,0	97,1	93,1	90,5	71,7	57,9	41,8	20,0	20,0	11,5	24	5	A1-a IG(0)

Fuente: Elaboración propia.

Datos:**Tabla 3.41** Número de golpes del material.

Molde N°	13		14		15	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Embeber	Desp.	Antes	Desp.	Antes	Desp.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	12267	12361	12340	12507	12376	12641
Peso Molde (g)	7209	7209	7507	7507	7857	7857
Peso Muestra Húmeda (g)	5058	5152	4833	5000	4519	4784
Volumen de la muestra (cm ³)	2113,9903	2113,99	2118,788	2118,79	2095,8	2095,84
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,393	2,437	2,281	2,360	2,156	2,283

Fuente: Elaboración propia.**CÁLCULOS Y RESULTADOS.**Para la densidad húmeda:

➤ Peso muestra Húmeda: $W_{sh} = (W_{sh} + W_{molde}) - W_{molde}$

$$W_{sh1} = 12267 - 7209 = 5058 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 1}$$

$$W_{sh2} = 12361 - 7209 = 5152 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 2}$$

$$W_{sh3} = 12340 - 7507 = 4833 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 3}$$

$$W_{sh4} = 12507 - 7507 = 5000 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 4}$$

$$W_{sh5} = 12376 - 7857 = 4519 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 5}$$

$$W_{sh6} = 12641 - 7857 = 4784 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 6}$$

➤ Densidad Húmeda: $\rho_{sh} = \frac{W_{sh}}{V}$

$$\rho_{sh1} = 5058 \text{ gr} / 2133,99 \text{ cm}^3 = 2,393 \text{ gr} / \text{cm}^3 \quad \text{Ensayo 1}$$

$$\rho_{sh2} = 5152 \text{ gr} / 2133,99 \text{ cm}^3 = 2,437 \text{ gr} / \text{cm}^3 \quad \text{Ensayo 2}$$

$$\rho_{sh3} = 4833 \text{ gr} / 2133,99 \text{ cm}^3 = 2,281 \text{ gr} / \text{cm}^3 \quad \text{Ensayo 3}$$

$$\rho_{sh4} = 5000 \text{ gr} / 2133,99 \text{ cm}^3 = 2,360 \text{ gr} / \text{cm}^3 \quad \text{Ensayo 4}$$

$$\rho_{sh5} = 4519 \text{ gr} / 2133,99 \text{ cm}^3 = 2,156 \text{ gr} / \text{cm}^3 \quad \text{Ensayo 5}$$

$$\rho_{sh6} = 4784 \text{ gr} / 2133,99 \text{ cm}^3 = 2,283 \text{ gr} / \text{cm}^3 \quad \text{Ensayo 6}$$

Tabla 3.42 Cálculos de método CBR.

Molde N°	13		14		15	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Embeber	Desp.	Antes	Desp.	Antes	Desp.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	12267	12361	12340	12507	12376	12641
Peso Molde (g)	7209	7209	7507	7507	7857	7857
Peso Muestra Húmeda (g)	5058	5152	4833	5000	4519	4784
Volumen de la muestra (cm ³)	2113,9903	2113,99	2118,788	2118,79	2095,8	2095,84
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,393	2,437	2,281	2,360	2,156	2,283

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.43 Compactación en probetas.

	Compact.	Embebido	Compact.	Embebido	Compact	Embebido
Tara N°	8	46	9	23	7	32
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	427,39	446,72	427,15	279,47	424,85	324,12

Fuente: Elaboración propia.

Datos:

Para la humedad:

➤ Peso del Agua: $W_w = (\text{Peso tara} + P_{Sh}) - (\text{Peso tara} + P_{SS})$

$$W_{w1} = 427,39 - 401,36 = 26,03 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 1}$$

$$W_{w2} = 446,72 - 414,81 = 31,91 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 2}$$

$$W_{w3} = 427,15 - 401,55 = 25,60 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 3}$$

$$W_{w4} = 279,47 - 258,00 = 21,47 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 4}$$

$$W_{w5} = 424,85 - 399,89 = 24,96 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 5}$$

$$W_{w6} = 324,12 - 292,30 = 31,82 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 6}$$

➤ Peso del Suelo Seco: $P_{SS} = (\text{Peso tara} + P_{SS}) - (\text{Peso tara})$

$$P_{SS1} = 401,36 - 58,74 = 342,62 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 1}$$

$$P_{SS2} = 414,81 - 75,33 = 339,48 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 2}$$

$$P_{SS3} = 401,55 - 60,12 = 341,43 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 3}$$

$$P_{SS4} = 258,00 - 59,20 = 198,80 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 4}$$

$$P_{SS5} = 399,89 - 62,49 = 337,40 \text{ gr} \quad \text{Ensayo 5}$$

$$P_{SS6} = 292,30 - 45,60 = 246,70 \text{ gr}$$

Ensayo 6

➤ Contenido de Humedad: $\% w = \frac{W_w}{P_{SS}} \cdot 100\%$

$$\% w_1 = \frac{26,03}{342,62} \cdot 100 = 7,6\% \quad \text{Ensayo 1}$$

$$\% w_2 = \frac{31,91}{339,48} \cdot 100 = 9,4\% \quad \text{Ensayo 2}$$

$$\% w_3 = \frac{25,60}{341,43} \cdot 100 = 7,5\% \quad \text{Ensayo 3}$$

$$\% w_4 = \frac{21,47}{198,80} \cdot 100 = 10,8\% \quad \text{Ensayo 4}$$

$$\% w_5 = \frac{24,96}{337,40} \cdot 100 = 7,4\% \quad \text{Ensayo 5}$$

$$\% w_6 = \frac{31,86}{246,70} \cdot 100 = 12,9\% \quad \text{Ensayo 6}$$

➤ Densidad Seca de la probeta: $\rho_{SS} = \frac{\rho_{sh} \cdot 100}{W + 100} \cdot 100$

$$\rho_{SS1} = \frac{2,393 \cdot 100}{7,6 + 100} * 1000 = 2224 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 1}$$

$$\rho_{SS2} = \frac{2,432 \cdot 100}{9,4 + 100} * 1000 = 2228 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 2}$$

$$\rho_{SS3} = \frac{2,265 \cdot 100}{7,5 + 100} * 1000 = 2122 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 3}$$

$$\rho_{SS4} = \frac{2,339 \cdot 100}{10,8 + 100} * 1000 = 2130 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 4}$$

$$\rho_{SS5} = \frac{2,154 \cdot 100}{7,4 + 100} * 1000 = 2008 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 5}$$

$$\rho_{SS6} = \frac{2,266 \cdot 100}{12,9 + 100} * 1000 = 2022 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Ensayo 6}$$

➤ Relación Dens. Seca Probeta y Dens. Máx. Lab. (%): $Rel. \rho_{SS} = \frac{\rho_{SS}}{\rho_{SSmax}} \cdot 100$

$$Rel. \rho_{SS1} = \frac{2224}{2221} * 1000 = 100,1 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ensayo 1}$$

$$Rel. \rho_{SS2} = \frac{2228}{2221} * 1000 = 100,3 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ensayo 2}$$

$$Rel. \rho_{SS3} = \frac{2122}{2221} * 1000 = 95,5 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ensayo 3}$$

$$Rel. \rho_{SS4} = \frac{2130}{2221} * 1000 = 95,9 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ensayo 4}$$

$$Rel. \rho_{SS5} = \frac{2008}{2221} * 1000 = 90,4 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ensayo 5}$$

$$Rel. \rho_{SS6} = \frac{2022}{2221} * 1000 = 91,0 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ensayo 6}$$

➤ Determinación de la expansión: $Exp. = \frac{Lec.}{Altura(mm)}$

$$Exp_{.1} = \frac{0}{116,5} = 0 \quad \text{Ensayo 1}$$

$$Exp_{.2} = \frac{21}{116,5} = 0,18 \quad \text{Ensayo 2}$$

$$Exp_{.3} = \frac{36}{116,5} = 0,31 \quad \text{Ensayo 3}$$

$$Exp_{.4} = \frac{65}{116,5} = 0,56 \quad \text{Ensayo 4}$$

$$Exp_{.5} = \frac{93}{116,5} = 0,80 \quad \text{Ensayo 5}$$

➤ Cálculo de la carga del ensayo: $Carga = 0,997 * Lec. + 1,6809$

$$carga_1 = 0,997 * 219,2 + 1,6809 = 220,8 \quad \text{Ensayo 1}$$

$$carga_2 = 0,997 * 417,6 + 1,6809 = 419,1 \quad \text{Ensayo 2}$$

$$carga_3 = 0,997 * 608,6 + 1,6809 = 610,1 \quad \text{Ensayo 3}$$

$$carga_4 = 0,997 * 796,0 + 1,6809 = 797,4 \quad \text{Ensayo}$$

$$carga_5 = 0,997 * 966,0 + 1,6809 = 967,4 \quad \text{Ensayo 5}$$

$$carga_6 = 0,997 * 1131,7 + 1,6809 = 1133,1 \quad \text{Ensayo 6}$$

$$carga_7 = 0,997 * 1272,0 + 1,6809 = 1273,3 \quad \text{Ensayo 7}$$

$$carga_8 = 0,997 * 1420,5 + 1,6809 = 1421,8 \quad \text{Ensayo 8}$$

$$carga_9 = 0,997 * 1875,1 + 1,6809 = 1876,2 \quad \text{Ensayo 9}$$

$$carga_{10} = 0,997 * 2226,8 + 1,6809 = 2227,9 \quad \text{Ensayo 10}$$

➤ Cálculo del CBR:

$$CBR = \left(\frac{\left(\frac{\text{Carga Corregida}}{\text{Carga Patron}} \right)}{20,2682991638999} \right) * 100$$

$$CBR = \left(\frac{\left(\frac{797,7}{70,3} \right)}{20,2682991638999} \right) * 100 = 56,0$$

$$CBR = \left(\frac{\left(\frac{1415,3}{105,5} \right)}{20,2682991638999} \right) * 100 = 66,2$$

$$CBR = \left(\frac{\left(\frac{549,2}{70,3} \right)}{20,2682991638999} \right) * 100 = 38,5$$

$$CBR = \left(\frac{\left(\frac{974,0}{105,5} \right)}{20,2682991638999} \right) * 100 = 45,6$$

$$CBR = \left(\frac{\left(\frac{302,6}{70,3} \right)}{20,2682991638999} \right) * 100 = 21,2$$

$$CBR = \left(\frac{\left(\frac{535,9}{105,5} \right)}{20,2682991638999} \right) * 100 = 25,1$$

Densidad seca del suelo al 95% = densidad seca máxima*0.95

Densidad seca del suelo al 95% =2110 C.B.R. al 95% de densidad seca del suelo =43,3

Densidad seca del suelo al 97% =2154 C.B.R. al 95% de densidad seca del suelo =51,9

Densidad seca del suelo al 100% =2221 C.B.R. al 95% de densidad seca del suelo =65,6

Tabla 3.44 Calculo del ensayo CBR.

Molde N°	13		14		15	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Embeber	Desp.	Antes	Desp.	Antes	Desp.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	12267	12361	12340	12507	12376	12641
Peso Molde (g)	7209	7209	7507	7507	7857	7857
Peso Muestra Húmeda (g)	5058	5152	4833	5000	4519	4784
Volumen de la muestra (cm ³)	2113,9903	2113,99	2118,788	2118,79	2095,8	2095,84
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,393	2,437	2,281	2,360	2,156	2,283

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.45 Calculo del ensayo CBR.

	Compact.	Embebido	Compact.	Embebido	Compact	Embebido
Tara N°	8	46	9	23	7	32
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	427,39	446,72	427,15	279,47	424,85	324,12
Peso Suelo Seco + Tara (g)	401,36	414,81	401,55	258,00	399,89	292,30
Peso Agua (g)	26,03	31,91	25,60	21,47	24,96	31,82
Peso Tara (g)	58,74	75,33	60,12	59,20	62,49	45,60
Peso Suelo Seco (g)	342,62	339,48	341,43	198,80	337,40	246,70
% de Humedad	7,6	9,4	7,5	10,8	7,4	12,9
Densidad Seca Probeta (kg/m ³)	2224	2228	2122	2130	2008	2022
Densidad Seca Máxima Laboratorio (kg/m ³)	2221	2221	2221	2221	2221	2221
Relación Dens. Seca Probeta y Dens. Máx. Lab. (%)	100,1	100,3	95,5	95,9	90,4	91,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.46 Determinando la Expansión.

Fecha	Hora	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	lt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión
5-may-22	15:00:00	0	115,8	0,00	0	116	0,00	0	115,8	0,00
6-may-22	15:00:00	21	115,8	0,18	27	116	0,23	35	115,8	0,30
7-may-22	15:00:00	34	115,8	0,29	55	116	0,47	73	115,8	0,63
8-may-22	15:00:00	45	115,8	0,39	73	116	0,63	84	115,8	0,73
9-may-22	15:00:00	77	115,8	0,66	103	116	0,89	126	115,8	1,09

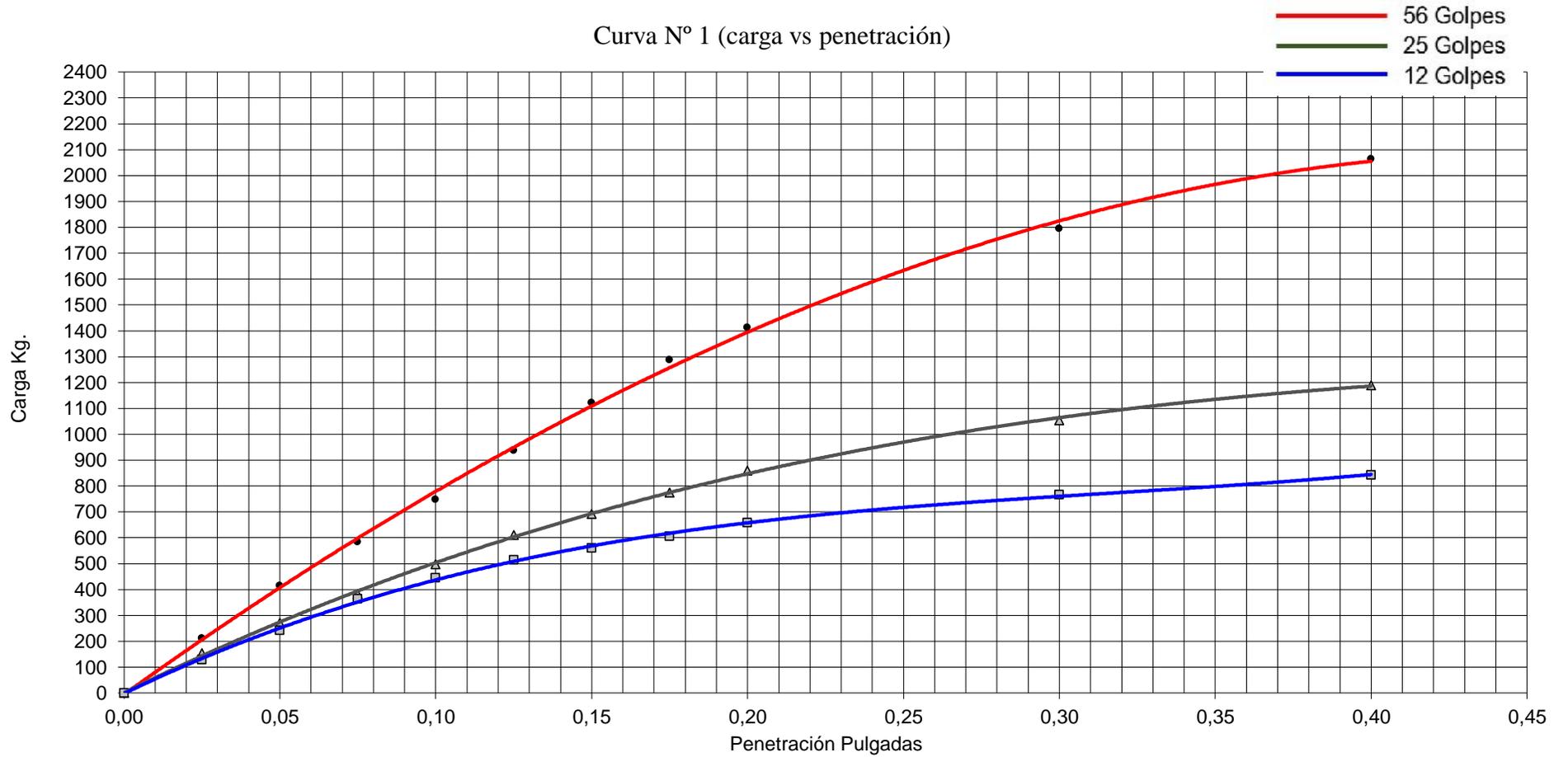
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.47 Determinado el CBR.

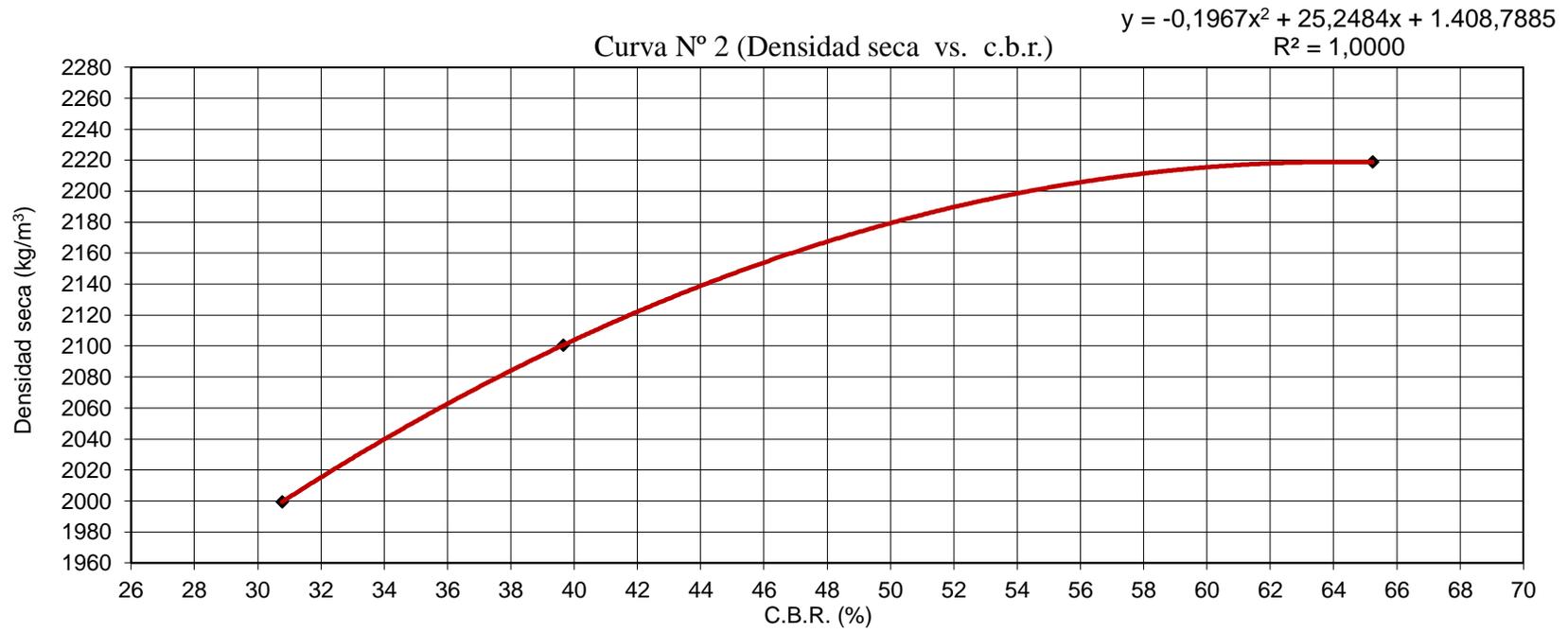
Penetración			Carga Patrón kg/cm ²	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %
Min	Pulg	mm			Calc.	Correg.				Calc.	Correg.				Calc.	Correg.			Calc.	Correg.
0,5	0,025	0,64		219,2	220,8				150,8	152,4				82,8	84,5			
1,0	0,050	1,27		417,6	419,1				287,2	288,8				157,8	159,4			
1,5	0,075	1,91		608,6	610,1				418,6	420,1				230,0	231,6			
2,0	0,100	2,54	70,3	796,0	797,4	797,7	56,0	547,5	549,0	549,2	38,5	300,8	302,4	302,6	21,2			
2,5	0,125	3,18		966,0	967,4			664,4	665,9			365,1	366,6					
3,0	0,150	3,81		1131,7	1133,1			778,4	779,9			427,7	429,3					
3,5	0,175	4,45		1272,0	1273,3			874,9	876,4			480,7	482,3					
4,0	0,200	5,08	105,5	1420,5	1421,8	1415,3	66,2	977,1	978,5	974,0	45,6	536,9	538,4	535,9	25,1			
6,0	0,300	7,62		1875,1	1876,2			1289,8	1291,1			708,7	710,1					

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.82 Curva de CBR (Carga vs Penetración).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.83 Curva densidad seca vs. C.B.R

Fuente: Elaboración propia.

3.6.4 ANÁLISIS FORENSE

Luego de realizar el estudio a cada falla para la evaluación del pavimento rígido de Entre Ríos se concluye con el siguiente análisis:

- Las fallas que presenta el hormigón es debido a una baja resistencia que tiene el pavimento en la localidad de Entre Ríos.
- Otro factor en un 30% de fallas presentadas es debido a la sobre carga empleada en el pavimento lo que causa fisuras, hundimiento y grietas.
- También se analizó que la baja resistencia debido a la falta de uniformidad de los materiales en el momento de la construcción del concreto.
- Se analizó que un 40% de la falla se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan.

3.6.5 DIAGNÓSTICO

Luego de haber realizado los estudios necesarios para evaluar el estado del pavimento rígido de Entre Ríos y tomando en cuenta los resultados obtenidos establecemos como diagnostico general forense del área de estudio concluyendo con lo siguiente:

- El área deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos desde el punto de vista superficial muestra un 40% de deterioro general sobre el área pavimentada.
- El área deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,3%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento cuya puesta en servicio en su primera fase se inicia en agosto 2004 y la segunda fase en agosto 2013.
- El área deteriorada muestra en la parte superficial una supremacía en fallas de fisuras, grietas y hundimientos cuya severidad es de media a alta, pudiendo ser las causas probables el exceso de ejes equivalentes o un desgaste

prematureo de los materiales del paquete estructural que han posibilitado una deformación permanente mayor originando las fallas mencionadas.

- El área deteriorada tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 35% considerada en su clasificación mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para que estas áreas estén en condición de transpirabilidad buena.
- Las condiciones de los materiales en la estructura nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 3%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En cuanto a la resistencia admisible de los materiales representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Evaluado en forma visual al tráfico que circula por las zonas de área deteriorada del pavimento se evidencia una incidencia de vehículos pesados menor al 30%, por lo que este factor tuvo una incidencia menor en las fallas y deterioros

3.6.6 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Luego de un análisis y una evaluación superficial e interna tomando en cuenta los resultados que obtuvimos mediante los diferentes métodos y ensayos y conociendo a profundidad el estado de deterioro y las fallas del pavimento de Entre Ríos se propone las siguientes soluciones:

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir con las

siguientes características:

- Impermeabilidad.
- Deformabilidad.
- Resiliencia.
- Adherencia.

Resistencia.

Estable.

Durable.

Finalmente, el sellado se tiene que hacer antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador.

Los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- 1) Inmediatamente antes de sellar, se debe limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y además materiales extraños.
- 2) Para limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre, chorro de agua o alguna combinación de estas herramientas. Las caras de la junta se pueden imprimir inmediatamente después de la limpieza.
- 3) Es necesario usar el soplado con aire como paso final de la limpieza.
- 4) Cabe mencionar que la limpieza solo se hará sobre la cara donde se adherirá el sellador.

Para minimizar los efectos del agua sobre los pavimentos se debe:

- 1) Prevenir el ingreso del agua al pavimento (drenaje superficial).
- 2) Proveer de un drenaje para remover el agua rápidamente (drenaje subterráneo).
- 3) Construir un pavimento suficientemente fuerte para resistir el efecto combinado de carga y agua.

Las soluciones a aplicar en una rehabilitación estructural podrán ser de los siguientes tipos:

- 1) Eliminación parcial y reposición de la capa del pavimento existente, incluyendo un eventual reciclado de los materiales.
- 2) Sobrecapa aplicada sobre el pavimento existente.
- 3) Combinación de los dos tipos anteriores.
- 4) Reconstrucción total del pavimento, utilizando materiales nuevos o aprovechando los materiales del pavimento antiguo (reciclado), en este caso los costos se reducen de reconstrucción del pavimento siempre y cuando sea en un tiempo adecuado.

Reparaciones previas.

Antes de proceder a la colocación del refuerzo, deberán repararse todos los desperfectos graves, tales como grietas de trabajo (aquellas que experimentan desplazamientos verticales entre sí), losas inestables, asentamientos, punzonamientos de pavimentos de concreto armado continuo y en especial todos los problemas derivados de un mal funcionamiento del sistema de drenaje o de la falta de capacidad de soporte de las capas subyacentes, con el fin de proporcionar al refuerzo una superficie de apoyo estable, uniforme no erosionable y sin problemas de drenaje.

Todas estas medidas de reparación deberán tenerse en cuenta en el proyecto, sin que sea admisible sustituirlas por el dimensionamiento de un refuerzo de mayor espesor.

Cada técnica está diseñada específicamente para reparar o prevenir la recurrencia de ciertas fallas que puedan afectar el comportamiento de la sobrecapa de refuerzo. Aun cuando cada una de las técnicas puede ser empleada individualmente, son típicamente más efectivas cuando se emplea una combinación de varias de ellas.

Entre las principales técnicas de reparación tenemos:

- 1) Estabilización de losas.
- 2) Reparación en todo el espesor.
- 3) Reparación de espesor parcial.
- 4) Colocación de barras de traspaso de carga.
- 5) Colocación de barras en cruz.
- 6) Cepillado de la superficie.
- 7) Reparación de juntas y grietas.
- 8) Instalación de drenes de borde.

Estas técnicas, por sí solas, no necesariamente aumentan la capacidad estructural del pavimento, lo que hacen es incrementar la vida útil de éste. Por el contrario, si el pavimento necesita aumentar su capacidad para soportar más cargas será necesario colocar un refuerzo estructural.

Estabilización de losas.

Uno de los problemas que causa mayores daños y disminuye enormemente la serviciabilidad de un pavimento de concreto, es la pérdida de apoyo de las losas debido a vacíos bajo ellas. Estos vacíos son producto principalmente del bombeo de finos a través

de las juntas o berma abierta, de la consolidación de la base causada por el tránsito repetido de camiones pesados, por una falla de la subrasante a causa de las sobrecargas cerca de las juntas o bien debido a la pérdida de la capacidad de resistencia a las cargas producto de la saturación de la subrasante. Las cargas de tránsito pesado inducen las mayores deflexiones de las losas cerca de las juntas transversales y grietas de trabajo. Sin apoyo por debajo de la losa, las tensiones en el concreto se incrementan y pueden ocasionar escalonamiento, rotura de esquinas y extenso agrietamiento.

La estabilización de losas, es un proceso correctivo que llena los vacíos y restaura el apoyo de la losa sin levantar el pavimento de concreto. Por lo general, la estabilización de la losa va acompañada de otras técnicas como la reparación de espesor completo o parcial y cepillado.

Los pasos a seguir en el procedimiento de estabilización de losas son:

- 1) Detección de vacíos en forma precisa.
- 2) Selección de materiales aceptables de estabilización.
- 3) Estimación correcta de la cantidad de material.
- 4) Ejecutar pruebas posteriores.

Reparación en todo el espesor.

La reparación de espesor completo implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa. Las reparaciones de espesor completo pueden mejorar las condiciones del rodado y de integridad estructural, así como extender la vida útil del pavimento.

Las reparaciones en todo el espesor para el caso de pavimentos de concreto simple o concreto armado con juntas, deben ser de concreto y deberán preverse pasadores o barras de unión a los efectos de asegurar una buena transferencia de cargas a través de la junta reparada. Para el caso de pavimentos de concreto armado continuo, las reparaciones en todo el espesor del mismo deben de ser de tal manera que aseguren la continuidad en la armadura mediante la soldadura o empalme con la armadura existente.

La ejecución considera los siguientes pasos:

- 1) Corte de espesor completo mediante aserrado alrededor del área dañada.

- 2) Extracción de la losa de concreto en mal estado por medio de pequeñas grúas, con el fin de evitar dañar la subbase o el pavimento adyacente.
- 3) Colocación de las barras de transferencia de carga, perfectamente alineadas.
- 4) En la colocación debe utilizarse un concreto premezclado, que alcance la resistencia adecuada antes de la apertura al tránsito.
- 5) El concreto debe ser vibrado y curado en la misma manera que al construir un pavimento nuevo. Un curado deficiente puede ser la causa de problemas de durabilidad.

Reparación de juntas y grietas.

Este tipo de trabajo se aplica a juntas y grietas que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí, es decir, que no trabajen. Si las juntas o grietas son de trabajo deben repararse a través de la colocación de barras de traspaso de carga o reparando todo el espesor.

La experiencia en la construcción de sobrecapas de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto, indica que se tiene problemas adicionales si las juntas existentes no son limpiadas y preparadas adecuadamente para el sobrecapado. Las juntas empozan agua o proveen un canal desde el cual el agua será expulsada desde debajo de la junta. Esta acción se ve reflejada por un resoplido de la junta inmediatamente después del rodillazo de la sobrecarga. Cuando estas fuerzas están presentes, la sobrecapa comúnmente mostrará una grieta refleja al final del día.

Limpieza de chorro de arena (sandblasting), Consiste en la aplicación de arena a presión para eliminar cualquier residuo del sello antiguo, aceite u otro material extraño depositado en las juntas que impida la adherencia del nuevo material de sellado.

• **Chorro de agua a alta presión (waterblasting)**, Consiste en la aplicación de agua a alta presión. Una vez limpia la junta, se le aplicará aire comprimido. Este proceso se repetirá hasta que la junta o grieta esté libre de cualquier material extraño y quede expuesta una cara de concreto nueva y limpia.

3.6.7 GUÍA PARA EVALUACIÓN FORENSE

La presente guía forense surge en los casos de colapso, falla o deterioros que se presenta en el pavimento, ya que es necesario para poder determinar el origen del fallo, está presente guía sirve también para relacionar el comportamiento de los materiales de la

construcción y eso nos sirva como herramienta primordial para esclarecer las causas que originan la falla (colapso, deterioro, etc.)

El primer aspecto comprende la reducción del riesgo de fallas con el fin de mejorar su rendimiento y su costo.

El segundo aspecto busca reconstruir la secuencia de sucesos que conduce a una pérdida económica o física, determinando correcciones y responsabilidades.

3.6.8 Resumen de la guía forense

Este trabajo expone el avance de una elaboración de una guía metodológica forense para la evaluación cuantitativa y cualitativa de obras viales en proceso de seguimiento y de responsabilidad.

Para eso se investiga mediante este documento, con métodos adecuados y normativas vigentes, el uso de esta guía brinda una herramienta para verificar los hechos de manera oportuna y clara, tomando decisiones según las condiciones presentadas mediante la evaluación presentada , mi persona se encargó de ciertos procedimientos , como evaluación forense superficial y evaluación forense interna , lista de métodos empleados para mi guía que son método PCI, método IRI en la parte superficial y el método extracción de testigos en el pavimento , método CBR, método Granulométrico, método compactación del suelo, métodos límites líquido y plásticos para el estudio interno, recomendaciones de análisis y criterios, permitiéndome disponer los recursos de manera eficiente, de esta manera este estudio nos pueda servir para explicar en forma técnica las causas que conllevaron al deterioro del pavimento.

3.6.9 EL OBJETIVO DE LA GUÍA FORENSE

El objetivo de esta guía forense es poder aportar un procedimiento teniendo como base las metodologías y métodos de diferentes profesionales para poder llegar a la conclusión del porqué del deterioro, al colapso, fallas del pavimento.

3.6.10 MÉTODOS Y METODOLOGÍAS

- Método PCI

- Método IRI

- Método Granulométrico

- Método Proctor
- Método Limites
- Método CBR

Inicialmente se recopiló información bibliográfica, buscando la mayor cantidad de documentos para estudiar los métodos necesarios para nuestro estudio forense lo que nos permita abarcar diferentes casos y extender el alcance del proyecto, gracias a la base de información respecto a una guía Forense de **“guía forense como herramienta técnica para seguimiento de obras de pavimentos y procesos jurídicos en el territorio colombiano”** de esta guía basarme en sus artículos relacionados a mi proyecto y sacar la información más importante que me pueda beneficiar.

Ya teniendo como base esa información, pues contiene valiosa información referente a las fases de investigación, causas de problemas en pavimentos, ensayos de identificación, pautas para toma de decisiones, entre otros; de igual manera, el libro “Forensic Engineering” ofrece una serie de actividades para la reconstrucción de los hechos, a la vez que posee datos y consejos sobre diversas ramas.

Se redactan dos técnicas en la guía, evaluación superficial y la evaluación interna para abarcar las etapas de investigación, de esa manera tener el modo de recolectar la información, por la parte final se realizarán tablas que relacionen las patologías con las causas probables, ensayos que se aplicaron y las capas a evaluar.

Los métodos optados para realizar los ensayos para evaluar, se encuentran en mi presente capítulo III que son método PCI, IRI, CBR, GRANULOMETRICO, LIMITES, PROCTOR y extracción de testigos, resaltando los dos primeros ensayos para una hipótesis inicial que es el estudio superficial del pavimento, mientras que los demás métodos sirven de validación y obtención de evidencia para verificar el supuesto asumido y es encargada de la parte interna del estudio del pavimento.

Posteriormente y según sea el caso particular, se deben realizar ensayos de resistencia, granulometría, porcentaje de asfalto, verificación de acero etc.

Se debe contar con laboratorios acreditados determinar la condición real de la obra y demostrar la importancia que juegan los ensayos en la evaluación de las causas de falla.

Con los resultados obtenidos y la experiencia ganada en las obras, se evalúa si es necesario modificar algún aspecto de la guía, de tal forma que el ejercicio práctico sirva para retroalimentar el modelo propuesto con recomendaciones, gráficas y ejemplos de proceso.

La evaluación de pavimentos se complementa con un postproceso en el que, partiendo de los diseños originales que debe presentar el pavimento o la obra como ser su espeso de losa, las condiciones que debe presentar los materiales utilizados y para lo mismo que aplico una técnica interna para conocer esos puntos importantes a estudiar, con lo anterior mencionado se debe obtener una base de datos de la resistencia que debe tener el pavimento basándonos por normas lo que se debe cumplir con el método que vea apropiado para este estudio se realizó un ensayo sometido a compresión los testigos obtenidos, del mismo mencionado se debe hacer un estudio al suelo para saber su clasificación el tipo de material utilizados para poder tener una conclusión adecuada del porqué del deterioro.

En lo posible se debe hacer un diagnóstico de cada punto estudiado con los resultados obtenidos que cuantifiquen las pérdidas.

3.6.11 PROCEDIMIENTO

La presente guía para llevar a cabo su desarrollo se debe ubicar pavimentos deteriorados, tomando en cuenta que de todos los pavimentos deteriorados solo nos quedaremos los que puedan ser evaluados con una guía forense.

3.6.11.1 Paso N°1 Ubicación Del Área De Estudio

Se debe ubicar todas las áreas que nos interesa evaluar a través de esta guía forense para pavimentos rígidos.

Ejemplo en mi elaboración de la guía forense para pavimentos rígidos.

Figura 3.84 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos



Fuente: Elaboración propia

Los puntos ubicados para el estudio forense mediante esta guía fueron mediante 5 tramos y esos tramos sub divididos en los 38 puntos críticos.

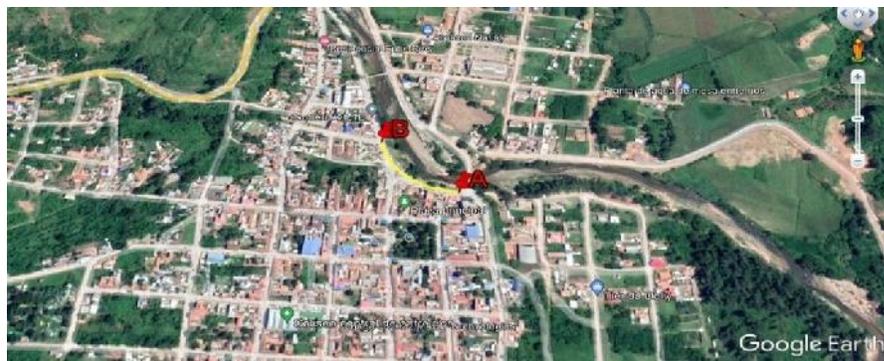
TRAMO 1: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'29.98"S	Latitud: 21°31'26.50"S
Longitud: 64°10'16.48"O	Longitud: 64°10'20.60"O

Longitud del Tramo: 170 metros.

Figura 3.85 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 1.



Fuente: Elaboración propia

TRAMO 2: Calle 25 de agosto (entre Av. Francisco Villa y Calle potosí).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'26.50"S	Latitud: 21°31'25.53"S
Longitud: 64°10'20.82"O	Longitud: 64°10'25.14"O

Longitud del Tramo: 120 metros.

Figura 3.86 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 2.



Fuente: Elaboración propia

TRAMO 3: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).

Coordenadas:

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'26.50"S	Latitud: 21°31'25.53"S
Longitud: 64°10'20.82"O	Longitud: 64°10'25.14"O

Longitud del Tramo: 219 metros.

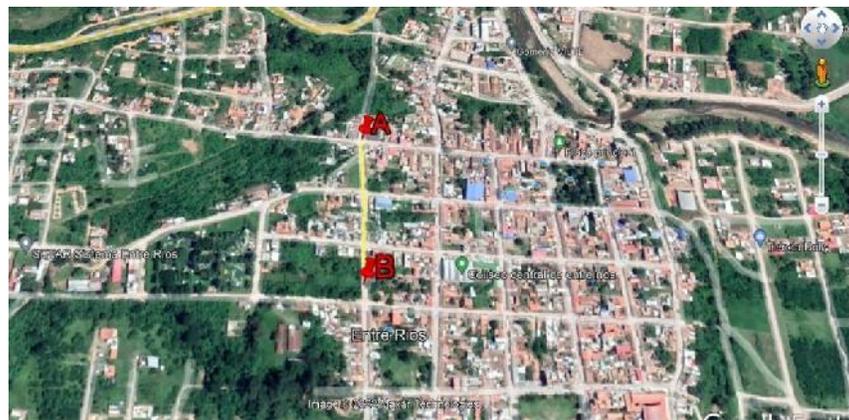
Figura 3.87 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 3.



Fuente: Elaboración propia

TRAMO 4: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).**Coordenadas:**

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'26.50"S	Latitud: 21°31'25.53"S
Longitud: 64°10'20.82"O	Longitud: 64°10'25.14"O

Longitud del Tramo: 231 metros.**Figura 3.88** Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 4.**Fuente:** Elaboración propia**TRAMO 5: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).****Coordenadas:**

Punto A	Punto B
Latitud: 21°31'33.61"S	Latitud: 21°31'37.03"S
Longitud: 64°10'29.48"O	Longitud: 64°10'41.34"O

Longitud del Tramo: 352 metros.

Figura 3.89 Zona urbana de la ciudad de Entre Ríos tramo 5.



Fuente: Elaboración propia

3.6.11.2 Paso N°2 Determinación De Puntos De Estudio Forense

Ubicar los puntos críticos que se desean estudiar a través de esta guía forense tomando datos desde el nombre del tramo a estudiar, intersección de las calles y coordenadas del mismo como en el paso uno se menciona.

Ejemplo en mi elaboración de la guía forense para pavimentos rígidos.

Punto 1: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 1

Punto 1
Latitud: 21°31'30.04"S
Longitud: 64°10'16.45"O

Figura 3.90 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto1.



Fuente: Google Earth.

Punto 2: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 2

Punto 2
Latitud: 21°31'29.67"S
Longitud: 64°10'17.58"O

Figura 3.91 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 2.



Fuente: Google Earth.

Punto 3: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 3

Punto 3
Latitud: 21°31'29.67"S
Longitud: 64°10'17.58"O

Figura 3.92 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 3.



Fuente: Google Earth.

Punto 4: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 4

Punto 4
Latitud: 21°31'28.31"S
Longitud: 64°10'19.82"O

Figura 3.93 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 4.



Fuente: Google Earth.

Punto 5: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 5

Punto 5
Latitud: 21°31'26.88"S
Longitud: 64°10'20.47"O

Figura 3.94 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 5.



Fuente: Google Earth.

Punto 6: Av. Francisco Villa (entre Av. Eberto Lema y Calle 25 de agosto).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 6

Punto 6
Latitud: 21°31'26.32"S
Longitud: 64°10'20.75"O

Figura 3.95 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 6.



Fuente: Google Earth.

Punto 7: Calle 25 de agosto (entre Av. Francisco Villa y Calle potosí).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 7

Punto 7
Latitud: 21°31'26.36"S
Longitud: 64°10'20.86"O

Figura 3.96 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 7.



Fuente: Google Earth.

Punto 8: Calle 25 de agosto (entre Av. Francisco Villa y Calle potosí).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 8

Punto 8
Latitud: 21°31'25.48"S
Longitud: 64°10'24.73"O

Figura 3.97 zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 8.



Fuente: Google Earth.

Punto 9: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 9

Punto 9
Latitud: 21°31'26.32"S
Longitud: 64°10'20.75"O

Figura 3.98 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 9.



Fuente: Google Earth.

Punto 10: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 10

Punto 10
Latitud: 21°31'23.23"S
Longitud: 64°10'24.34"O

Figura 3.99 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 10.



Fuente: Google Earth.

Punto 11: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 11

Punto 11
Latitud: 21°31'24.01"S
Longitud: 64°10'24.69"O

Figura 3.100 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 11.



Fuente: Google Earth.

Punto 12: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).**Coordenadas:**

Coordenadas de punto 12

Punto 12
Latitud: 21°31'24.47"S
Longitud: 64°10'24.80"O

Figura 3.101 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 12.**Fuente:** Google Earth.**Punto 13: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).****Coordenadas:**

Coordenadas de punto 13

Punto 13
Latitud: 21°31'24.61"S
Longitud: 64°10'25.02"O

Figura 3.102 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 13.



Fuente: Google Earth.

Punto 14: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 14

Punto 14
Latitud: 21°31'24.83"S
Longitud: 64°10'24.94"O

Figura 3.103 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 14.



Fuente: Google Earth.

Punto 15: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).**Coordenadas:**

Coordenadas de punto 15

Punto 15
Latitud: 21°31'27.73"S
Longitud: 64°10'25.77"O

Figura 3.104 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 15.

Fuente: Google Earth.

Punto 16: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).**Coordenadas:**

Coordenadas de punto 16

Punto 16
Latitud: 21°31'27.87"S
Longitud: 64°10'25.63"O

Figura 3.105 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 16.



Fuente: Google Earth.

Punto 17: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 17

Punto 17
Latitud: 21°31'30.05"S
Longitud: 64°10'25.36"O

Figura 3.106 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 17.



Fuente: Google Earth.

Punto 18: Calle Potosí (entre Calle potosí y Calle Avaroa).**Coordenadas:**

Coordenadas de punto 18

Punto 18
Latitud: 21°31'31.05"S
Longitud: 64°10'26.36"O

Figura 3.107 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 18.**Fuente:** Google Earth.**Punto 19: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).****Coordenadas:**

Coordenadas de punto 19

Punto 19
Latitud: 21°31'30.63"S
Longitud: 64°10'29.48"O

Figura 3.108 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 19.



Fuente: Google Earth.

Punto 20: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 19

Punto 20
Latitud: 21°31'30.85"S
Longitud: 64°10'29.54"O

Figura 3.109 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 20.



Fuente: Google Earth.

Punto 21: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 21

Punto 21
Latitud: 21°31'32.34"S
Longitud: 64°10'29.35"O

Figura 3.110 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 21.



Fuente: Google Earth.

Punto 22: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 22

Punto 22
Latitud: 21°31'33.05"S
Longitud: 64°10'29.29"O

Figura 3.111 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 22.



Fuente: Google Earth.

Punto 23: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 23

Punto 23
Latitud: 21°31'34.58"S
Longitud: 64°10'29.19"O

Figura 3.112 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 23.



Fuente: Google Earth.

Punto 24: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 24

Punto 24
Latitud: 21°31'36.30"S
Longitud: 64°10'29.31"O

Figura 3.113 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 24.



Fuente: Google Earth.

Punto 25: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 25

Punto 25
Latitud: 21°31'36.33" S
Longitud: 64°10'29.25" O

Figura 3.114 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 25.



Fuente: Google Earth.

Punto 26: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 26

Punto 26
Latitud: 21°31'36.52" S
Longitud: 64°10'29.11" O

Figura 3.115 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos Punto 26.



Fuente: Google Earth.

Punto 27: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 27

Punto 27
Latitud: 21°31'36.88" S
Longitud: 64°10'29.09" O

Figura 3.116 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 27.



Fuente: Google Earth.

Punto 28: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 28

Punto 28
Latitud: 21°31'37.42" S
Longitud: 64°10'29.11" O

Figura 3.117 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 28.



Fuente: Google Earth.

Punto 29: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 29

Punto 29
Latitud: 21°31'39.05" S
Longitud: 64°10'29.15" O

Figura 3.118 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 29.



Fuente: Google Earth.

Punto 30: Calle 1ro de mayo (entre Calle Avaroa y Calle Ingavi).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 30

Punto 30
Latitud: 21°31'40.43" S
Longitud: 64°10'28.97" O

Figura 3.119 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 30.



FUENTE: Google Earth.

Punto 31: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 31

Punto 31
Latitud: 21°31'33.49" S
Longitud: 64°10'30.81" O

Figura 3.120 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 31.



Fuente: Google Earth.

Punto 32: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 32

Punto 32
Latitud: 21°31'33.59" S
Longitud: 64°10'32.15" O

Figura 3.121 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 32.



Fuente: Google Earth.

Punto 33: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 33

Punto 33
Latitud: 21°31'34.38" S
Longitud: 64°10'34.09" O

Figura 3.122 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 33.



Fuente: Google Earth.

Punto 34: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 34

Punto 34
Latitud: 21°31'34.79" S
Longitud: 64°10'35.05" O

Figura 3.123 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 34.



Fuente: Google Earth.

Punto 35: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 35

Punto 35
Latitud: 21°31'35.25" S
Longitud: 64°10'36.62" O

Figura 3.124 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 35.



Fuente: Google Earth.

Punto 36: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 36

Punto 36
Latitud: 21°31'36.35" S
Longitud: 64°10'39.35" O

Figura 3.125 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 36.



Fuente: Google Earth.

Punto 37: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 37

Punto 37
Latitud: 21°31'37.05" S
Longitud: 64°10'40.94" O

Figura 3.126 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 37.



Fuente: Google Earth

Punto 38: Calle Alianza (entre Calle 1ro de mayo y Barrio la pista).

Coordenadas:

Coordenadas de punto 38

Punto 38
Latitud: 21°31'36.84" S
Longitud: 64°10'41.53" O

Figura 3.127 Zona urbana de la localidad de Entre Ríos punto 38.



Fuente: Google Earth.

Luego de tener la ubicación de nuestros puntos críticos se procederá a la evaluación forense la cual se la realiza a través de dos técnicas, la técnica superficial y la técnica interna cada técnica con diferentes métodos a emplear.

3.6.11.3 Paso N°3 Técnica Superficial

Para la técnica superficial se aplicó dos métodos que fueron el PCI con el objetivo de poder determinar la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas y el método IRI permitiendo referirse a una sola escala de medición que puede identificar en qué condiciones superficiales se encuentra la red vial y detectar algunas anomalías existentes.

3.6.11.4 Paso N°4 Aplicación del método PCI

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.

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

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 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Figura 3.128 Rangos de calificación del PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Elaboración propia.

3.6.11.5 Paso N°5 Descripción del trabajo de campo y levantamiento de datos

La inspección visual y levantamiento de datos de la zona de estudio se realizó con ayuda del Formato PCI-02, teniendo como objetivo el registro y medición de todas las fallas presentes en las losas analizadas.

En el formato PCI-02, se procede a anotar todas y cada una de las características como ser la zona, código de vía, nombre del inspeccionado número de losas y unidad de muestreo de los diferentes puntos críticos que se desea evaluar a través de esta guía forense.

Ejemplo en mi elaboración de la guía forense para pavimentos rígidos.

Figura 3.129 Levantamientos de datos.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.130 Levantamientos de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.131 Levantamientos de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Para el levantamiento de datos para el método PCI, se lo realiza remarcando el área afectada para de esa manera proceder a guiarse del manual de conservación vial del ABC, sobre el código de la falla, severidad, numero de losas afectadas, nombre de la falla. Tomado en cuenta que para la recopilación de las características de cada punto crítico a evaluar es de manera personal, es decir depende de cada evaluador el cómo procede a tomar las características del área afectada.

3.6.11.6 Paso N°6 Levantamiento de las características de los puntos críticos

TABLA 3.48 Características de los puntos críticos.

N° Falla	Tipo de falla	Severidad	Codigo	Area Afectada	N° de losas	PCI	
1	Losa dividida	M	23	58,74 m ²	6	31,43	Malo
2	Grieta lineal	H	28	15,31 m ²	2	49,00	Regular
3	Punzonamiento	M	23	33,68 m ²	3	27,99	Malo
4	Losa dividida	M	23	89,25 m ²	8	28,30	Malo
5	Grieta lineal	H	28	39,47 m ²	4	41,50	Regular
6	Desconchamiento	H	19	78,37 m ²	7	20,80	Muy malo
7	Desconchamiento	H	23	4,57 m ²	1	31,00	Malo
8	Losa dividida	H	19	28,57 m ²	3	25,26	Malo
9	Grieta de esquina	H	28	39,47 m ²	4	41,50	Regular
10	Parche grande	H	23	4,57 m ²	1	31,00	Malo
11	Daño de sello de junta	H	28	15,31 m ²	2	49,00	Regular
12	Grieta lineal	H	28	14,98 m ²	2	48,80	Regular
13	Grieta lineal	H	28	39,47 m ²	4	23,80	Malo
14	Huco	M	13	0,88 m ²	1	23,80	Muy malo
15	Grieta lineal	H	28	39,47 m ²	4	23,80	Muy malo
16	Daño de sello de junta	H	13	0,35 m ²	1	23,80	Malo
17	Huco	M	13	0,62 m ²	1	30,80	Malo
18	Grieta lineal	H	28	77,26 m ²	7	23,80	Muy malo
19	Daño de sello de junta	M	23	58,74 m ²	6	30,80	Malo
20	Daño de sello de junta	H	19	28,57 m ²	3	25,26	Malo
21	Huco	L	13	3,04 m ²	1	28,80	Malo
22	Huco	L	13	0,82 m ²	1	49,50	Regular
23	Grieta lineal	M	28	11,8 m ²	1	60,50	Bueno
24	Descascarramiento de juntas	H	39	9,58 m ²	1	49,00	Regular
25	Huco	M	13	1,15 m ²	1	16,80	Muy malo
26	Punzonamiento	H	34	17,31 m ²	2	19,00	Muy malo
27	Blowup	H	21	3,46 m ²	1	20,80	Muy malo
28	Grieta lineal	H	28	77,26 m ²	7	36,70	Malo
29	Descascarramiento de juntas	H	39	5,71 m ²	1	59,00	Bueno
30	Parche grande	H	29	3,73 m ²	1	59,00	Bueno
31	Parche grande	H	29	4,2 m ²	1	50,80	Regular
32	Parche grande	H	29	4,1 m ²	1	52,00	Regular
33	Parche grande	H	29	4,1 m ²	1	52,00	Regular
34	Parche grande	H	29	4,2 m ²	1	50,80	Regular
35	Parche grande	H	29	3,33 m ²	1	49,00	Regular
36	Grieta lineal	H	28	26,61 m ²	3	40,90	Regular
37	Grieta lineal	H	28	77,26 m ²	7	2,00	Fallado
38	Parche grande	H	29	3,33 m ²	1	49,00	Regular

Fuente: Elaboración propia.

Para el levantamiento de las características de los puntos críticos el tipo de falla se obtiene con el apoyo del manual de conservación vial del ABC, al momento de ver la falla se realiza una comparación al manual de conservación vial a qué tipo de falla se parece y se procede a denominar el tipo de falla, la severidad se obtiene de igual manera con el apoyo del manual de conservación vial del ABC, si la falla es grave se la denomina con la letra H, si es media con la letra M, si es baja con la letra L, tomando en cuenta que para designación de la severidad dependerá de cada evaluador y el código se respeta de lo que nos indica este manual de conservación vial del ABC, finalmente el área afectada dependerá de cada evaluador a criterio personal que área desea evaluar.

3.6.11.7 Paso N°7 Cálculo del PCI

Luego de tener las características de los puntos críticos se procede al cálculo del PCI.

N° Falla	Tipo de falla	Severidad	Código	Área Afectada	N° de losas afectadas
1	Losa dividida	M	23	58,74 m ²	6

Como anteriormente se mencionó las características se obtiene del manual de conservación vial del ABC.

Tabla 3.49 Hoja de inspección.

Pavimento de hormigón						
Hoja de inspección de condiciones para unidad de muestra						
Inspeccionado por:	Madariaga Maria Belen	Falla	1	Área Losa (m2)	12,50	(3,5x3,5)
				Área Afectada (m2)	58,74	m2
Tipo de falla		Interpretación de las losas afectadas				
19. Meteorización 21. Pandeo 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de durabilidad "D" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel Carril / Berma 28. Grieta lineal 29. Parche Grande (Área > 0.45m2) 30. Parche Pequeño (Área < 0.45m2) 31. Pulimento de Agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce de vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta						

Fuente: Elaboración propia.

1) Cálculo de la densidad de falla

$$VD = \frac{\text{Area total Afectada} * 100\%}{\text{Area de la losa} * N^{\circ}\text{Losas}} = \frac{58,74 * 100}{12,50 * 6} = 78,4$$

2) Cálculo de valor deducido

Mediante uso del ábaco = 68,6

3) Cálculo del valor deducido total (para q=1)

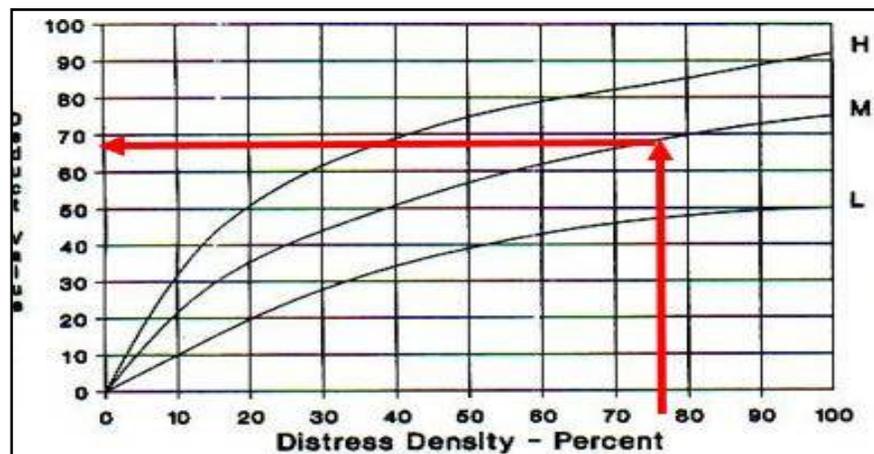
Mediante uso del ábaco = 68,6

4) Cálculo del PCI y clasificación.

$$PCI = 100 - VDT = 68,6 = 31,4 \text{ malo}$$

Cálculo de valor deducido mediante ábaco (23).

Figura 3.132 Ábaco (23).

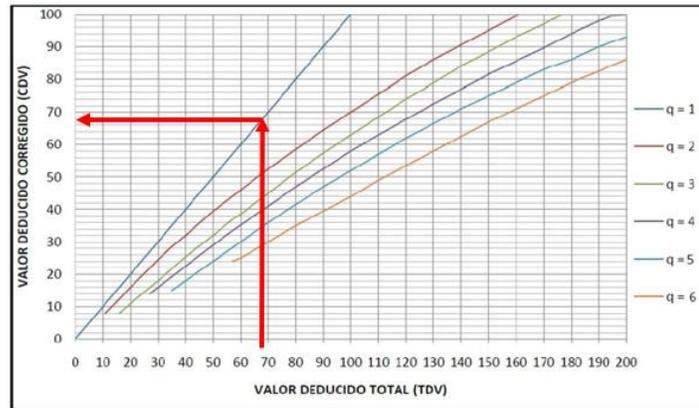


Fuente: Elaboración propia.

El valor deducido se obtiene mediante ábacos donde tenemos la relación de valor deducido y densidad, una vez que tenemos el cálculo de la densidad nos vamos a trabajar con el abajo del código y la severidad ya anteriormente obtenido, trazando una perpendicular de la densidad hasta donde nos indica la característica de la falla la intersección de ese dato nos dará el dato del valor deducido, y con ese dato del valor deducido pasamos a obtener el valor deducido total corregido.

Cálculo del valor deducido total (para q=1).

Figura 3.133 Ábaco valor corregido.



Fuente: Elaboración propia.

El valor deducido total corregido se lo obtiene con el ábaco relación valor deducido corregido y valor deducido, trazando una perpendicular del valor deducido que anteriormente tuvimos hasta donde se interactúa con la severidad de nuestra falla nos dará el dato de valor deducido total corregido.

Finalmente, con el dato de valor deducido total se obtiene el valor del PCI, lo que se hace restando al 100 el dato del valor deducido total corregido.

$$PCI = 100 - \text{MáximoVRC}$$

3.6.11.8 Paso N°8 Clasificación del rango PCI

La clasificación del rango del PCI, es el estado en el que se encuentra la superficie del pavimento. Esta clasificación se la realiza de acuerdo al número del PCI que nos da la fórmula mencionada anteriormente.

3.6.11.9 Paso N°9 Tabla de referencia de los rangos de clasificación del PCI

Tabla 3.50 Referencia de los rangos.

N° Falla	Tipo de falla	Severidad	Codigo	Area Afectada	N° de losas	PCI	
1	Losa dividida	M	23	58,74 m ²	6	31,43	Malo
2	Grieta lineal	H	28	15,31 m ²	2	49,00	Regular
3	Punzonamiento	M	23	33,68 m ²	3	27,99	Malo
4	Losa dividida	M	23	89,25 m ²	8	28,30	Malo
5	Grieta lineal	H	28	39,47 m ²	4	41,50	Regular
6	Desconchamiento	H	19	78,37 m ²	7	20,80	Muy malo
7	Desconchamiento	H	23	4,57 m ²	1	31,00	Malo
8	Losa dividida	H	19	28,57 m ²	3	25,26	Malo
9	Grieta de esquina	H	28	39,47 m ²	4	41,50	Regular
10	Parche grande	H	23	4,57 m ²	1	31,00	Malo
11	Daño de sello de junta	H	28	15,31 m ²	2	49,00	Regular
12	Grieta lineal	H	28	14,98 m ²	2	48,80	Regular
13	Grieta lineal	H	28	39,47 m ²	4	23,80	Malo
14	Huco	M	13	0,88 m ²	1	23,80	Muy malo
15	Grieta lineal	H	28	39,47 m ²	4	23,80	Muy malo
16	Daño de sello de junta	H	13	0,35 m ²	1	23,80	Malo
17	Huco	M	13	0,62 m ²	1	30,80	Malo
18	Grieta lineal	H	28	77,26 m ²	7	23,80	Muy malo
19	Daño de sello de junta	M	23	58,74 m ²	6	30,80	Malo
20	Daño de sello de junta	H	19	28,57 m ²	3	25,26	Malo
21	Huco	L	13	3,04 m ²	1	28,80	Malo
22	Huco	L	13	0,82 m ²	1	49,50	Regular
23	Grieta lineal	M	28	11,8 m ²	1	60,50	Bueno
24	Descascarramiento de juntas	H	39	9,58 m ²	1	49,00	Regular
25	Huco	M	13	1,15 m ²	1	16,80	Muy malo
26	Punzonamiento	H	34	17,31 m ²	2	19,00	Muy malo
27	Blowup	H	21	3,46 m ²	1	20,80	Muy malo
28	Grieta lineal	H	28	77,26 m ²	7	36,70	Malo
29	Descascarramiento de juntas	H	39	5,71 m ²	1	59,00	Bueno
30	Parche grande	H	29	3,73 m ²	1	59,00	Bueno
31	Parche grande	H	29	4,2 m ²	1	50,80	Regular
32	Parche grande	H	29	4,1 m ²	1	52,00	Regular
33	Parche grande	H	29	4,1 m ²	1	52,00	Regular
34	Parche grande	H	29	4,2 m ²	1	50,80	Regular
35	Parche grande	H	29	3,33 m ²	1	49,00	Regular
36	Grieta lineal	H	28	26,61 m ²	3	40,90	Regular
37	Grieta lineal	H	28	77,26 m ²	7	2,00	Fallado
38	Parche grande	H	29	3,33 m ²	1	49,00	Regular

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla de referencia de los rangos de la clasificación del PCI, tipo de falla como indicamos anteriormente lo nombramos con la ayuda del manual de conservación vial del ABC, severidad de acuerdo al nivel de la falla en la que se encuentra, el código de falla viene de cata tipo de falla con su código señalado y finalmente y valor y la clasificación del PCI que resulta de la diferencia de cien y del valor deducido total corregido.

3.6.11.10 Paso N°10 Aplicación del método IRI

La rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costos de operación del vehículo. La rugosidad es la característica que más influye en la sensación de confort y seguridad que experimenta un usuario al circular por una carretera.

Paterson, en 1986, define el IRI como: "El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS, Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo del cuarto de carro, (RQCS,

3.6.11.11 Paso N°11 Determinación del tramo.

Se determina calles con diferentes tipos de fallas de 10 metros de longitud 5 metros antes de la falla y 5 metros después de la falla.

Figura 3.134 Determinación del tramo.



Fuente: Elaboración propia.

3.6.11.12 Paso N°12 Se mide la distancia de medición

Se pasa al rayado del tramo a cada 50cm. De distancia para poder lecturas en dicho rango.

Figura 3.135 Determinación de la distancia de medición.



Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo en mi elaboración de la guía forense para pavimentos rígidos.

Figura 3.136 Levantamiento de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.137 Levantamiento de datos.



Fuente: Elaboración propia.

3.6.11.13 Paso N°13 Se Procede Al Levantamiento De Alturas.

Una vez determinado y marcado del pavimento se dispone al armado del equipo de nivel de ingeniero, Se determina la cota del primer punto, mediante el GPS. Y la lectura colocando la mira en el punto.

Figura 3.138 Levantamiento de datos.



Figura 3.139 Levantamiento de datos.



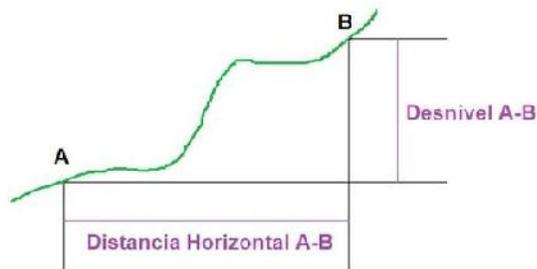
Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Las cotas se van obteniendo en la lectura de los 10 m. sobre cada falla como anteriormente se explicó lo que es 5m. antes y 5m. después de cada falla se apoya la mira en cada tramo marcado de los 5m. cada 50cm y se empieza a obtener las lecturas de las cotas. Tomando en cuenta que la cota inicial la obtuve.

3.6.11.14 Paso N°14 Determinación De Las Cotas.

Después de haber letrado las alturas correspondientes a cada punto, encontramos las cotas de cada punto aplicando las ecuaciones de Topografía.



Este resultado se puede indicar como un tanto por uno o en tanto por cien.

$$Pendiente = \frac{Desnivel A - B}{Distancia Horizontal A - B}$$

$$Pendiente(\%) = \frac{Desnivel A - B}{Distancia Horizontal A - B} \cdot 100$$

El signo de la pendiente indicará el tipo de terreno, si es positivo el terreno sube y bajara si es negativa.

3.6.11.15 Paso N°15 Uso del programa INPACO.

Con el programa INPACO, es una herramienta auxiliar para determinar el IRI, donde se: Identifica el Tramo, Longitud del tramo, se ajusta la distancia de punto a punto que es 50 cm. Y se procede al colocado de las cotas determinadas anteriormente.

Figura 3.140 Datos del desnivel 5m (Adelante) de la falla 1.

	Cns	Abscisa	Cota (m)
Delta X [500 mm]	1	0.00	1.247.947
Identificación del Tramo [0001]	2	0.50	1.247.939
Entrada Información	3	1.00	1.247.931
	4	1.50	1.247.928
Cálculo del IRI	5	2.00	1.247.921
Gráfica	6	2.50	1.247.919
	7	3.00	1.247.912
Imprimir Información	8	3.50	1.247.901
	9	4.00	1.247.899
Terminar	10	4.50	1.247.878
	11	5.00	1.247.871

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.141 Datos del desnivel 5m (Atrás) de la falla 1.

	Cns	Abscisa	Cota (m)
Delta X [500 mm]	1	0.00	1,247.566
Identificación del Tramo [0001]	2	0.50	1,247.562
Entrada Información	3	1.00	1,247.572
	4	1.50	1,247.577
Cálculo del IRI	5	2.00	1,247.576
Gráfica	6	2.50	1,247.574
	7	3.00	1,247.581
Imprimir Información	8	3.50	1,247.583
	9	4.00	1,247.595
Terminar	10	4.50	1,247.590
	11	5.00	1,247.584

Fuente: Elaboración propia.

El uso del programa es el siguiente:

- **Delta (X)**, el programa requiere primeramente determinar la distancia entre punto a punto, donde se realiza la medición. Se tiene que el programa funciona con las siguientes distancias de separación:

Tabla 3.51 Distancia entre punto a punto.

	Distancia (mm)
Delta (X)	0
	0,5
	1
	1,5
	2
	2,5
	3
	3,5
	4
	5

Fuente: Elaboración propia.

- **Identificación del Tramo**, el programa solicita la información de la identificación del tramo como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3.52 Datos de identificación de los tramos.

Identificación del tramo	Datos
	Código del Tramo
	Nombre del Tramo
	Abscisa del Tramo Inicial (m)
	Abscisa del Tramo Final (m)
	Longitud del Tramo (m)

Fuente: Elaboración propia.

- **Entrada de Información**, El programa requiere la entrada de la información, es decir, las diferentes cotas de cada punto determinadas previamente y se coloca como se presenta en la siguiente tabla que está de acuerdo a la impuesta por el programa:

Tabla 3.53 Datos de información de distancia y cota del punto.

Nº Cns	Abscisas	Cota (m)
1	0	1000
2	...	....
3	....	....
4	....	....
5	...	....
6	...	....
n	n+00	....

Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo del IRI**, se procede para finalizar el uso del programa INPACO para la obtención del IRI por la parte que indica “cálculo del IRI” usando los datos ya anteriormente introducidos al programa y nos arroja el valor del IRI en m/km.

3.6.11.16 Paso N°16 IRI determinado por el método tradicional de medición

Se determinó el Índice de Rugosidad Internacional, mediante cotas de cada punto y usando el programa INPACO.

Figura 3.142 Cálculo del IRI adelante de la falla.

Delta X (mm)	1500
Número Total de Datos	11
Número de Datos Analizados	11
% de Análisis	100.0
Z1	9.13
Z2	-12.46
Z3	-1.55
Z4	210.73
V	-2.00
IRI Calculado (m/km)	5.3397

Fuente: Elaboración propia.

Resultado del IRI delante de la falla 1

IRI CÁLCULADO 5.3397 m/km

Figura 3.143 Cálculo del IRI detrás de la falla.

Delta X (mm)	1500
Número Total de Datos	11
Número de Datos Analizados	11
% de Análisis	100.0
Z1	8.13
Z2	-12.46
Z3	-1.55
Z4	210.73
V	-2.00
IRI Calculado (m/km)	5.5527

Fuente: Elaboración propia.

Resultado de IRI atrás de la falla 1

IRI CÁLCULADO 5.5527 m/km

3.6.11.17 PASO N°17 Tabla de resultados del IRI por método tradicional

Tabla 3.54 Resultado del IRI.

N° Falla	Tipo de falla	Severidad	IRI delante de la falla nivel ing. (m/km)	IRI atrás de la falla nivel ing. (m/km)
1	Losa dividida	M	5,3397	5,5527
2	Grieta lineal	H	5,0375	5,2542
3	Punzonamiento	M	5,9306	5,8556
4	Losa dividida	M	5,6613	5,0566
5	Grieta lineal	H	5,8819	6,0599
6	Desconchamiento	H	7,7311	7,0898
7	Desconchamiento	H	6,4061	7,5132
8	Losa dividida	H	7,3377	5,8702
9	Grieta de esquina	H	6,4720	7,7353
10	Parche grande	H	6,0199	6,0199
11	Daño de sello de junta	H	6,2529	6,1674
12	Grieta lineal	H	7,6394	7,7759
13	Grieta lineal	H	5,2711	5,1988
14	Huco	M	7,1300	7,6394
15	Grieta lineal	M	5,4356	7,9124
16	Daño de sello de junta	H	5,1234	6,0423
17	Huco	M	6,9882	6,7388
18	Grieta lineal	M	6,6574	5,1810
19	Daño de sello de junta	M	7,8980	7,7122
20	Daño de sello de junta	H	7,2213	7,8279
21	Huco	L	5,4555	4,5154
22	Huco	L	4,4429	4,3261
23	Grieta lineal	M	6,8318	4,5333
24	Descascaramiento de juntas	H	4,7164	4,3278
25	Huco	M	6,5747	4,8480
26	Punzonamiento	H	5,0676	5,6527
27	Blowup	H	5,8564	5,5800
28	Grieta lineal	H	5,6765	4,2060
29	Descascaramiento de juntas	H	4,2493	4,4238
30	Parche grande	H	6,9467	4,2949
31	Parche grande	H	4,7283	4,3705
32	Parche grande	H	4,4624	4,7109
33	Parche grande	H	4,3557	5,7656
34	Parche grande	H	5,1146	4,9817
35	Parche grande	H	4,4736	4,8541
36	Grieta lineal	H	4,8579	4,3123
37	Grieta lineal	M	4,4736	5,8541
38	Parche grande	H	4,8579	4,3123

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla de resultado podemos observar el cálculo del IRI delante de la falla y posteriormente detrás de la falla

3.6.11.18 Paso N°18 Técnica interna mediante calicatas

En laboratorio a través de ensayos de las características de los materiales como ser la humedad, el porcentaje de vacíos que tiene el pavimento, el contacto a agregado que tiene el pavimento y la resistencia del pavimento.

Lo que haremos es tomar el núcleo, separar la carpeta asfáltica de la base y sub base, estudiar las características del suelo y la sub base en granulometría, límites, compactación y CBR tanto de la sub base y base o lo que presenta el paquete a estudiar.

Y en la carpeta asfáltica aplicare el método de extracción, separare el cemento asfáltico del agregado y hare granulometría al agregado para lograr determinar el contenido de asfalto del pavimento y en todos los casos voy a hacer una correlación de resultados de laboratorio con especificación con el objetivo de obtener indicios de las fallas.

3.6.11.19 Paso N°19 Toma de muestras en el pavimento rígido de entre ríos

Se realizo la extracción de 38 muestras en los puntos críticos que ya fueron anteriormente evaluados con el método PCI y IRI.

Para que la extracción de un testigo resulte eficiente es indispensable tener presente las siguientes precauciones:

Figura 3.144 Extracción de testigos



Fuente: Elaboración propia

La broca debe ser las adecuadas respecto a calidad y dimensiones para el tipo de trabajo a realizar y deben encontrarse en buenas condiciones, en mi caso fue para pavimento rígido y la dimensión de la broca fue de 2”.

Se debe de marcar la superficie donde se pretende hacer la extracción del testigo, con el fin de que si se presenta algún inconveniente tengamos la base de apoyo de donde debe estar ubicado el equipo.

La presión del agua debe ser suficiente para una adecuada refrigeración, aspecto que incide en una buena operación y en la vida útil de la broca.

Ya que si no tenemos en cuenta este dato del agua para la refrigeración de la broca esta tiende a calentarse el diamante y se puede dañar.

La presión de corte aplicada debe concordar con la capacidad del equipo empleado.

El equipo deberá asentarse sobre la superficie, de forma que la broca se apoye perpendicularmente sobre ella y los dispositivos de fijación aseguren la estabilidad durante la extracción. Se inicia el corte a baja velocidad y presión moderada, hasta que los dientes de la broca hayan penetrado en el elemento a muestrear. Una vez alcanzada esa condición, se aumenta la velocidad y la presión hasta los niveles normales para un adecuado rendimiento. Se deben mantener esos niveles constantes durante todo el tiempo que dure la extracción, de manera que se asegure una geometría uniforme en el testigo.

Los testigos extraídos se deben identificar claramente de acuerdo a un código de registro que incluya al menos un número consecutivo, la abscisa y la vía. Para marcar utilice pintura u otro producto de marcación indeleble.

Se depositan los testigos, previamente marcados e identificados, en bolsas y luego depositarlos en cajas de embalaje, impermeables, sólidas, con tapa y con aserrín o equivalente, para evitar que se alteren sus propiedades durante el traslado al laboratorio

Figura 3.145 Extracción de testigos**Fuente:** Elaboración propia**Figura 3.146** Extracción de testigos**Fuente:** Elaboración propia**3.6.11.20 Paso N°20 Estudio de Resistencia de Nuestras Muestras Obtenidas**

Cálculo relación longitud/diámetro:

$$\frac{\text{Longitud (cm)}}{\text{Diámetro (cm)}} = \text{Relacion (cm)}$$

Figura 3.147 Longitud del testigo

Espesor de losa se trabajó con 10cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.148 Diámetro del testigo

→ **Diámetro 5 cm.**

Fuente: Elaboración propia

La relación h/d en nuestro caso nos daría 2 cm

Cálculo de la resistencia:

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{area cm}^2}$$

Y el área de un círculo es:

$$\text{área} = \pi * r^2$$

En nuestro caso tendremos un área de:

$$\text{área} = \pi * (2,5)^2$$

$$\text{área} = 19,63 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Si la relación longitud/diámetro es apreciablemente inferior a dos (2), la resistencia a compresión calculada se deberá multiplicar por un factor de corrección, como se indica a continuación:

Tabla 3.55 Factor de corrección

Relación L/D	Factor de corrección de resistencia
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,93
1	0,87

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la resistencia de probetas

Cálcul relación longitud/diámetro:

$$\frac{10 (cm)}{2 (cm)} = 2 (cm)$$

Cálculo del área:

$$\text{área} = 19,63 (cm^2)$$

$$\text{Resistencia} = \frac{3400}{19.63 \text{ cm}^2} = 173,204 \text{ kg/ cm}^2$$

Resultado de los 38 testigos extraídos en campo

Tabla 3.56 Resultados de la resistencia los testigos

Nucleo rot. N°	h cm.	Diam. Cm.	Fechas		Esdad dias	Carga de rotura kg.	Rel. h/d	Area cm²	Resistencia kg./cm²	Correccion por esbeltez	Resistencia corregida	Codigo de obra
			Extraccion	Rotura								
1	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3400	2,00	19,63	173,204	1,00	173,204	Av. Francisco Villa
2	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3700	2,00	19,63	188,487	1,00	188,487	Av. Francisco Villa
3	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3450	2,00	19,63	175,751	1,00	175,751	Av. Francisco Villa
4	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3570	2,00	19,63	181,864	1,00	181,864	Av. Francisco Villa
5	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3460	2,00	19,63	176,261	1,00	176,261	Av. Francisco Villa
6	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3480	2,00	19,63	177,280	1,00	177,280	Av. Francisco Villa
7	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3960	2,00	19,63	201,732	1,00	201,732	Calle 25 de agosto
8	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle 25 de agosto
9	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3960	2,00	19,63	201,732	1,00	201,732	Calle Potosi
10	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4950	2,00	19,63	252,165	1,00	252,165	Calle Potosi
11	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4870	2,00	19,63	248,090	1,00	248,090	Calle Potosi
12	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4670	2,00	19,63	237,901	1,00	237,901	Calle Potosi
13	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3010	2,00	19,63	153,337	1,00	153,337	Calle Potosi
14	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle Potosi
15	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle Potosi
16	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3860	2,00	19,63	196,638	1,00	196,638	Calle Potosi
17	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3720	2,00	19,63	189,506	1,00	189,506	Calle Potosi
18	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3871	2,00	19,63	197,198	1,00	197,198	Calle Potosi
19	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3120	2,00	19,63	158,940	1,00	158,940	Calle 1ro de mayo
20	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3321	2,00	19,63	169,180	1,00	169,180	Calle 1ro de mayo
21	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3328	2,00	19,63	169,536	1,00	169,536	Calle 1ro de mayo
22	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3323	2,00	19,63	169,282	1,00	169,282	Calle 1ro de mayo
23	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3333	2,00	19,63	169,791	1,00	169,791	Calle 1ro de mayo
24	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3325	2,00	19,63	169,384	1,00	169,384	Calle 1ro de mayo
25	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3367	2,00	19,63	171,523	1,00	171,523	Calle 1ro de mayo
26	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3327	2,00	19,63	169,485	1,00	169,485	Calle 1ro de mayo
27	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	321	2,00	19,63	16,353	1,00	16,353	Calle 1ro de mayo
28	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4329	2,00	19,63	220,530	1,00	220,530	Calle 1ro de mayo
29	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4336	2,00	19,63	220,886	1,00	220,886	Calle 1ro de mayo
30	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4331	2,00	19,63	220,632	1,00	220,632	Calle 1ro de mayo
31	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4823	2,00	19,63	245,695	1,00	245,695	Calle alianza
32	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	4080	2,00	19,63	207,845	1,00	207,845	Calle alianza
33	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3950	2,00	19,63	201,223	1,00	201,223	Calle alianza
34	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3850	2,00	19,63	196,128	1,00	196,128	Calle alianza
35	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3780	2,00	19,63	192,562	1,00	192,562	Calle alianza
36	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3034	2,00	19,63	154,559	1,00	154,559	Calle alianza
37	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3560	2,00	19,63	181,355	1,00	181,355	Calle alianza
38	10,00	5,00	28/4/2022	7/5/2022	9	3780	2,00	19,63	192,562	1,00	192,562	Calle alianza

Fuente: Elaboración propia.

En la presente tabla se muestran los cálculos de los 38 testigos extraídos como en el anterior paso se explica detalladamente el cálculo, finalmente podemos observar la resistencia corregida a comprensión en cada punto.

3.6.11.21 Paso N°21 Aplicación del método granulométrico.

El análisis granulométrico es el conjunto de operaciones cuyo fin es determinar la distribución del tamaño de los elementos que componen una muestra. La distribución del tamaño de las partículas es la representación, en forma de tablas, números o gráficos, de los resultados obtenidos experimentalmente.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Para este análisis se hace pasar una muestra seca, disgregada y pesada por diferentes tamices dispuesto de mayor a menor abertura, agitándolos para hacer pasar la muestra a través de ellos. Con este proceso se logra determinar el porcentaje de material que queda retenido en cada uno de los tamices, para poder confeccionar una curva granulométrica.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SEDIMENTACIÓN

Se lleva a cabo, sobre todo en arenas finas, limos, y arcillas. El estudio se basa sobre la “ley de Stoke”, que relaciona la velocidad de sedimentación de una partícula en el seno de un fluido con el tamaño de dicha partícula. Se ejecuta colocando una muestra en agua destilada dentro de un cilindro de sedimentación y, a la que se le agrega un dispersor para evitar la floculación, para finalmente introducir el hidrómetro dentro del recipiente con la muestra.

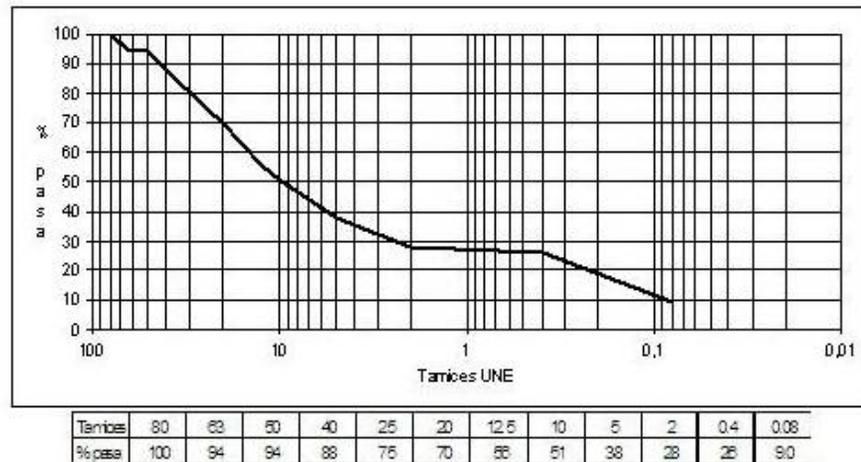
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El modo más común para representar gráficamente la granulometría de un terreno es a través de un diagrama semilogarítmico, donde se representan los tamaños en el eje X (en una escala logarítmica de base 10), y en el eje Y una escala aritmética del 0 al 100 %. Este tipo de gráfico debe hacer entender claramente la cantidad de partículas que atraviesan cada tamiz, y se le denomina curva granulométrica.

El método granulométrico se aplicó en los tramos que se hizo el estudio de los 38 puntos críticos, lo que nos resultó 5 tramos distribuidos los 38 puntos, este se realiza mediante el

tamizado de la muestra con el objetivo de conocer el tamaño de las diferentes partículas que componen el sedimento a analizar.

Figura 3.149 Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración propia.

3.6.11.22 PASO N°22 Procedimiento del método granulométrico

- Pese una cantidad de arena seca con una precisión del 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.
- Después de secado y determinada la masa, coloque la muestra de ensayo en el recipiente y adicione suficiente agua para cubrirla. Agite la muestra con suficiente fuerza para que resulte en la separación completa de las partículas más finas que la malla N° 200 de las partículas gruesas, y llevar el material fino en suspensión.
- Montar el tamiz N° 4 sobre la malla N° 200.
- Inmediatamente vaciar el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices montados.
- Adicione una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agite y decante como antes. Repita esta operación hasta que el agua de lavado sea clara.
- Regrese todo el material retenido en la serie de mallas echando agua para limpiar la muestra lavada.

- Seque el agregado lavado a masa constante a una temperatura de 110 y 5 °C y determine la masa con una precisión de 0.1% de la masa original de la muestra

PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO, MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ANÁLISIS POR MALLA DE AGREGADO GRUESO Y FINO.

- Seque una muestra de arena con a una temperatura de 110 y 5 °C en el horno.
- Pese una cantidad de arena seca
- La muestra se debe colocar en la malla N°4, cuidando que el fondo se encuentre ensamblado con la malla. Tapar la malla y sacudir manualmente por espacio de 3 a 5 minutos.
- Superpones las mallas que restan de mayor a menor diámetro de abertura. Verter la muestra que paso la malla N°4 en la malla superior (antes verificar que el fondo este colocado)
- Adicione una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agite y decante como antes. Repita esta operación hasta que el agua de lavado sea clara.
- Regrese todo el material retenido en la serie de mallas echando agua para limpiar la muestra lavada.
- Seque el agregado lavado a masa constante a una temperatura de 110 y 5 °C y determine la masa con una precisión de 0.1% de la masa original de la muestra.

Nota: Al retirar cada porción del tamiz que le corresponde, se debe tener el cuidado de dejar limpias las mallas, para esto se utiliza el cepillo y la brocha pequeña.

- Registrar los datos en la tabla de resultados.

Tabla 3.57 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Av. Franciaco Villa (rotonda)
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.58** Número de pozo

	Lote:		
Pozo 1	X	Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.59** Contenido de humedad

Humedad higroscópica %Hh	Muestra total seca Pts
Suelo húmedo+tara (P1) = 31,17 grs.	Muestra total húmeda (Pht) = 3000 grs.
Suelo seco+tara (P2) = 30,38 grs.	Agregado Grueso (Ret. N° 4)= 1191,00 grs.
Peso del agua (Pa=P1-P2) = 0,79 grs.	Pasa N° 4 húmedo (Mh) = 1809,00 grs.
Peso de la tara (Pt) = 26 grs.	Pasa N° 4 seco (Ms) :
Peso suelo seco (Ps=P2-Pt) : 4,38 grs.	$M_s = \frac{M_h \cdot 100}{100 + \%Hh} = 1532,58 \text{ grs.}$
Porcentaje humedad (%Hs) :	
$\%Hh = \frac{pa}{ps} \cdot 100 = 18,04 \text{ grs.}$	Muestra total seca, Pst = A.G.+Ms = 2723,58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.60 Análisis de tamices.

Análisis de tamices del agregado grueso					
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa del total
			(grs.)	(%)	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00
2 ½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	95,0	95,00	3,49	96,51
1"	25,40	70,00	165,00	6,06	93,94
¾"	19,05	76,00	241,00	8,85	91,15
⅜"	9,53	550,00	791,00	29,04	70,96
Nº 4	4,75	400,00	1191,00	43,73	56,27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.61 Análisis en mortero

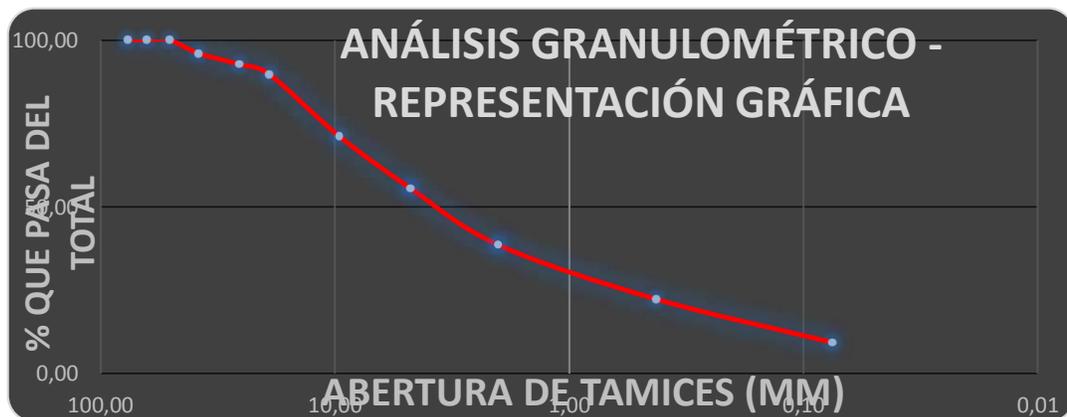
Análisis del mortero de suelo		
Pasa Nº 4 húmedo (Sh) =	500,00	grs.
Pasa Nº 4 Seco (Ss) =	423,60	grs.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.62 Análisis de tamices

Análisis de tamices del agregado fino						
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa sin corregir	% pasa del total
			(grs.)	(%)		
Nº 10	2,000	132,00	132,00	31,16	68,84	38,74
Nº 40	0,425	179,24	311,24	73,48	26,52	14,93
Nº 200	0,075	70,00	381,24	90,00	10,00	5,63

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.150 Grafica de la Granulometría

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.63 Composición del suelo

Composición Porcentual del Suelo	
Grava :	43,73
Arena : 50,64	Gruesa : 17,53
	Media : 23,81
	Fina : 9,30
Limo y Arcilla :	5,63

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.64** Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle 25 de Agosto
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.65** Número de pozo

Lote:			
Pozo 1		Pozo 2	X
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.66** Contenido de humedad

Humedad higroscópica % Hh	Muestra total seca Pts
Suelo húmedo+tara (P1) = 580,00 grs.	Muestra total húmeda (Pht) = 2900 grs.
Suelo seco+tara (P2) = 551,00 grs.	Agregado Grueso (Ret. N° 4)= 1040,00 grs.
Peso del agua (Pa=P1-P2) = 29,00 grs.	Pasa N° 4 húmedo (Mh) = 1860,00 grs.
Peso de la tara (Pt) = 59,59 grs.	Pasa N° 4 seco (Ms) :
Peso suelo seco (Ps=P2-Pt) = 491,41 grs.	$M_s = \frac{M_h \cdot 100}{100 + \%Hh} = 1756,35 \text{ grs.}$
Porcentaje humedad (% Hs) :	
$\%Hh = \frac{pa}{ps} \cdot 100 = 5,90 \text{ grs.}$	Muestra total seca, Pst = A.G.+Ms = 2796,35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.67 Análisis de Tamices

Análisis de tamices del agregado grueso					
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa del total
			(grs.)	(%)	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00
2 ½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	80,0	85,00	3,12	96,88
1"	25,40	60,00	145,00	5,32	94,68
¾"	19,05	70,00	215,00	7,89	92,11
⅜"	9,53	480,00	695,00	25,52	74,48
Nº 4	4,75	345,00	1040,00	38,19	61,81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.68 Análisis por mortero

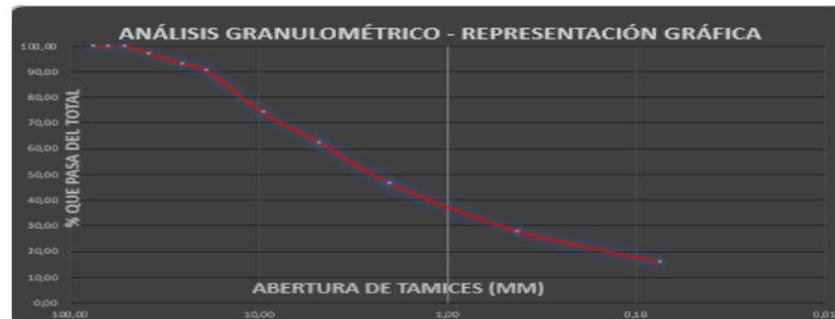
Análisis del mortero de suelo	
Pasa Nº 4 húmedo (Sh) = 500,00 grs.	Pasa Nº 4 Seco (Ss) = 472,14 grs.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.69 Análisis de tamices

Análisis de tamices del agregado fino						
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa sin corregir	% pasa del total
			(grs.)	(%)		
Nº 10	2,000	94,00	94,00	22,19	77,81	43,78
Nº 40	0,425	150,00	244,00	57,60	42,40	23,86
Nº 200	0,075	100,00	344,00	81,21	18,79	10,57

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.151 Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.70 Composición del suelo

Composición Porcentual del Suelo	
Grava :	38,19
Arena : 51,24	Gruesa : 18,03
	Media : 19,93
	Fina : 13,28
Limo y Arcilla :	10,57

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.71** Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Potosí
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.72** Número del pozo

Lote:	
Pozo 1	Pozo 2
Pozo 3	Pozo 4
Pozo 5	Pozo 6

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.73** Contenido de humedad

Humedad higroscópica % Hh	Muestra total seca Pts
Suelo húmedo+tara (P1) = 277,16 grs.	Muestra total húmeda (Pht) = 2800 grs.
Suelo seco+tara (P2) = 275,1 grs.	Agregado Grueso (Ret. N° 4)= 1032,00 grs.
Peso del agua (Pa=P1-P2) = 2,06 grs.	Pasa N° 4 húmedo (Mh) = 1768,00 grs.
Peso de la tara (Pt) = 54,51 grs.	Pasa N° 4 seco (Ms) :
Peso suelo seco (Ps=P2-Pt) = 220,59 grs.	$Ms = \frac{Mh \cdot 100}{100 + \%Hh} ; = 1729,43 \text{ grs.}$
Porcentaje humedad (%Hs) :	
$\%Hh = \frac{pa}{ps} \cdot 100 = 2,23 \text{ grs.}$	Muestra total seca, Pst = A.G.+Ms = 2761,43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.74 Análisis de tamices

Análisis de tamices del agregado grueso					
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa del total
			(grs.)	(%)	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00
2 ½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	85,0	85,00	3,12	96,88
1"	25,40	65,00	150,00	5,51	94,49
¾"	19,05	69,00	219,00	8,04	91,96
⅜"	9,53	457,00	676,00	24,82	75,18
Nº 4	4,75	356,00	1032,00	37,89	62,11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.75 Análisis de mortero

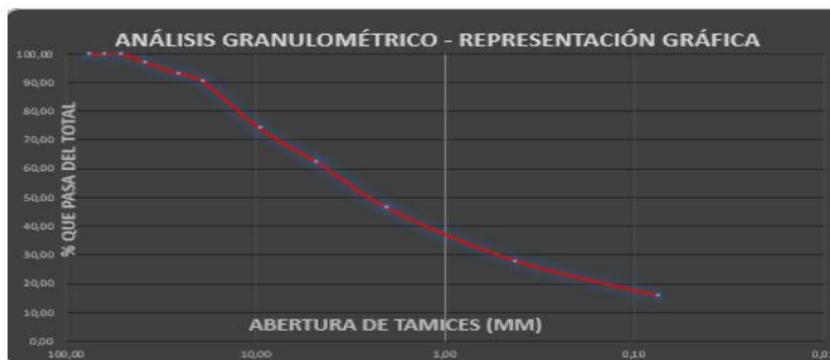
Análisis del mortero de suelo	
Pasa Nº 4 húmedo (Sh) = 500,00 grs.	Pasa Nº 4 Seco (Ss) = 489,09 grs.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.76 Análisis de tamices

Análisis de tamices del agregado fino						
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa sin corregir	% pasa del total
			(grs.)	(%)		
Nº 10	2,000	98,00	98,00	23,14	76,86	43,25
Nº 40	0,425	145,00	243,00	57,37	42,63	23,99
Nº 200	0,075	96,00	339,00	80,03	19,97	11,24

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.152 Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.77 Composición del suelo

Composición Porcentual del Suelo	
Grava :	37,89
Arena : 50,87	Gruesa : 18,86
	Media : 19,26
	Fina : 12,75
Limo y Arcilla :	11,24

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.78** Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle 1ro de Mayo
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.79** Número del pozo

Lote:			
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	X
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.80** Contenido de humedad

Humedad higroscópica % Hh	Muestra total seca Pts
Suelo húmedo+tara (P1) = 277,16 grs.	Muestra total húmeda (Pht) = 3400 grs.
Suelo seco+tara (P2) = 275,1 grs.	Agregado Grueso (Ret. N° 4)= 1240,00 grs.
Peso del agua (Pa=P1-P2) = 2,06 grs.	Pasa N° 4 húmedo (Mh) = 2160,00 grs.
Peso de la tara (Pt) = 54,51 grs.	Pasa N° 4 seco (Ms) :
Peso suelo seco (Ps=P2-Pt) = 220,59 grs.	$Ms = \frac{Mh \cdot 100}{100 + \%Hh} = 2076,32 \text{ grs.}$
Porcentaje humedad (%Hs) :	
$\%Hh = \frac{pa}{ps} \cdot 100 = 4,03 \text{ grs.}$	Muestra total seca, Pst = A.G.+Ms = 3316,32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.81 Análisis de tamices

Análisis de tamices del agregado grueso					
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa del total
			(grs.)	(%)	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00
2 ½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	90,0	90,00	3,30	96,70
1"	25,40	80,00	170,00	6,24	93,76
¾"	19,05	80,00	250,00	9,18	90,82
⅜"	9,53	550,00	800,00	29,37	70,63
Nº 4	4,75	440,00	1240,00	45,53	54,47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.82 Análisis de mortero

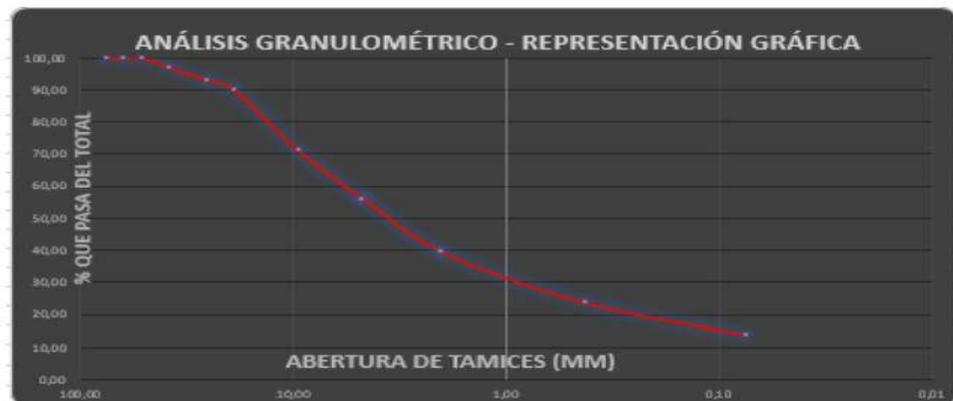
Análisis del mortero de suelo	
Pasa Nº 4 húmedo (Sh) = 500,00 grs.	Pasa Nº 4 Seco (Ss) = 480,63 grs.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.83 Análisis de tamices

Análisis de tamices del agregado fino						
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa sin	% pasa del total
			(grs.)	(%)		
Nº 10	2,000	150,00	150,00	35,41	64,59	36,34
Nº 40	0,425	130,00	280,00	66,10	33,90	19,08
Nº 200	0,075	80,00	360,00	84,99	15,01	8,45

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.153 Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.84 Composición del suelo

Composición Porcentual del Suelo	
Grava :	45,53
Arena : 46,02	Gruesa : 18,13
	Media : 17,27
	Fina : 10,63
Limo y Arcilla :	8,45

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.85** Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Alianza
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.86** Número de pozo

Lote:			
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5	X	Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.87** Contenido de humedad

Humedad higroscópica % Hh	Muestra total seca Pts
Suelo húmedo+tara (P1) = 277,16 grs.	Muestra total húmeda (Pht) = 2900 grs.
Suelo seco+tara (P2) = 275,1 grs.	Agregado Grueso (Ret. Nº 4)= 1212,00 grs.
Peso del agua (Pa=P1-P2) = 2,06 grs.	Pasa Nº 4 húmedo (Mh) = 1688,00 grs.
Peso de la tara (Pt) = 54,51 grs.	Pasa Nº 4 seco (Ms) :
Peso suelo seco (Ps=P2-Pt) = 220,59 grs.	$Ms = \frac{Mh \cdot 100}{100 + \%Hh} \quad 1595,463 \quad \text{grs.}$
Porcentaje humedad (%Hs) :	
$\%Hh = \frac{pa}{ps} \cdot 100 = 5,8 \quad \text{grs.}$	Muestra total seca, Pst = A.G.+Ms = 2807,46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.88 Análisis de granulometría

Análisis de tamices del agregado grueso					
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa del total
			(grs.)	(%)	
3"	76,20	0,00	0,00	0,00	100,00
2 ½"	63,50	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	0,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	110,0	110,00	4,04	95,96
1"	25,40	90,00	200,00	7,34	92,66
¾"	19,05	80,00	280,00	10,28	89,72
⅜"	9,53	510,00	790,00	29,01	70,99
Nº 4	4,75	422,00	1212,00	44,50	55,50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.89 Análisis de mortero

Análisis del mortero de suelo	
Pasa Nº 4 húmedo (Sh) = 500,00 grs.	Pasa Nº 4 Seco (Ss) = 472,59 grs.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.90 Análisis de tamices

Análisis de tamices del agregado fino						
Tamices	Tamaño (mm.)	Peso Retenido (grs.)	Retenido Acumulado		% que pasa sin	% pasa del total
			(grs.)	(%)		
Nº 10	2,000	134,00	134,00	31,63	68,37	38,47
Nº 40	0,425	122,00	256,00	60,43	39,57	22,26
Nº 200	0,075	98,00	354,00	83,57	16,43	9,25

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.154 Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.91 Composición del suelo

Composición Porcentual del Suelo	
Grava :	44,50
Arena : 46,25	Gruesa : 17,03
	Media : 16,21
	Fina : 13,02
Limo y Arcilla :	9,25

Fuente: Elaboración propia

3.6.11.23 Paso N°23 Aplicación del método de compactación Proctor

La compactación de un suelo produce un incremento en la densidad del material y con ello tres beneficios importantes:

- Reducción de la compresibilidad
- Incremento de la resistencia al corte
- Disminución de la permeabilidad

De este modo, la compactación de suelos es uno de los métodos más utilizados para mejorar las propiedades de un suelo y por ello es primordial conocer sus características de compactación y puesta en obra.

Los ensayos de compactación Proctor Normal y Proctor Modificado son dos de los ensayos más utilizados en el estudio de compactación de suelos para la construcción de terraplenes y otras obras de tierra. Se rigen por las normas UNE o ASTM y son imprescindibles para caracterizar la puesta en obra de un material.

- Proctor normal ASTM D-698 o UNE 103-500-94
- Proctor modificado ASTM D-1557 o UNE 103-501-94

Complementariamente, en el estudio de reutilización de suelos y su posible idoneidad para la compactación, se utiliza el ensayo CBR, granulometrías de suelos, límites de Atterberg, ensayos de colapso e hinchamiento libre entre otros ensayos de laboratorio de suelos.

3.6.11.24 Paso N°24 Procedimiento del método de compactación proctor

- 1) Se dividió la muestra en cinco partes de aproximadamente 6 kg cada una, cada uno a diferente humedad.

Figura 3.155 Preparación de la muestra.



Fuente: Elaboración propia

- 2) Primeramente, se pesó el molde de compactación vacío y se registró dicho dato.
- 3) Con la muestra de aproximadamente 6kg, la misma que debe ser tamizada por la malla N° 10, se calculó el peso de agua que será agregada para el primer ensayo.
- 4) Se agrega una quinta parte de la muestra (primera capa) ya humedecida. Con el martillo de 10 lb y 18" de caída libre compactamos la primera capa, utilizando 56 golpes los que se fueron haciendo de manera uniforme en toda la muestra y cuidando que el aparato se encuentre siempre vertical.

Figura 3.156 Compactación del material.



Fuente: Elaboración propia

- 5) Se realiza el mismo procedimiento anterior para las 4 capas restantes
- 6) Una vez finalizado las cinco capas, se retira el collarín del molde, se procede a enzarzar la superficie del suelo, de manera que quede lo más liso, horizontal y uniforme posible.

Figura 3.157 Enzarzando el material.



Fuente: Elaboración propia

- 7) Se limpia el molde, se pesa y registra el peso del molde más el suelo compactado.
- 8) Luego se voltea el molde y se lo coloca sobre el collarín y con el martillo T-180 se empieza a dar golpes para que la muestra compactada se libere del molde, con la ayuda de una espátula se descarta los bordes de la muestra compactada y se extrae la parte central de la muestra compactada, se la coloca en una tara pequeña para su respectivo pesaje y previamente se lo dejara en el horno durante 24 horas. para así poder obtener el contenido de humedad real de la muestra compactada.

Figura 3.158 Material compactado



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.159 Material compactado.



Fuente: Elaboración propia

- 9) Se repite todo el procedimiento desde el paso 3, haciendo variar las humedades en 8, 12, 17, 24 y 30 % de humedad en peso total.

Tabla 3.92 Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Av. Franciaco Villa (rotonda)
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.93 Número del pozo

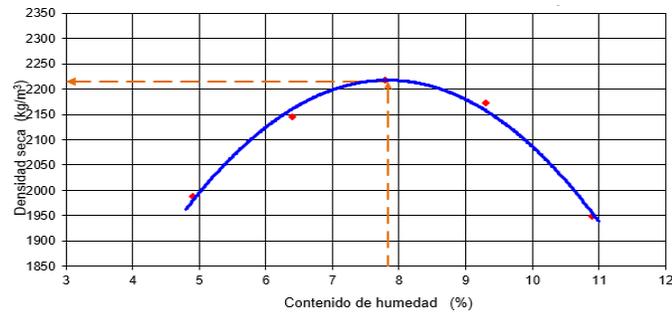
	Lote:		
Pozo 1	X	Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.94 Datos y resultados

Nº de capas		5	5	5	5	5
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10357	10781	11014	10980	10520
Peso del molde	g	5886	5886	5886	5886	5886
Peso suelo húmedo	g	4471	4895	5128	5094	4634
Volumen de la muestra	cm ³	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	2,085	2,282	2,391	2,375	2,161
Tara Nº	pza	19	33	30	44	46
Peso suelo húmedo + tara	g	326,42	395,61	319,69	372,57	392,16
Peso suelo seco + tara	g	314,15	374,65	300,87	347,12	361,02
Peso del agua	g	12,27	20,96	18,82	25,45	31,14
Peso de la tara	g	63,82	47,17	59,54	73,42	75,33
Peso suelo seco	g	250,33	327,48	241,33	273,70	285,69
Contenido de humedad	%	4,9	6,4	7,8	9,3	10,9
Densidad de suelo seco	kg/m ³	1987	2145	2218	2173	1948

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.160 Curva de compactación**Fuente:** Elaboración propia**Tabla 3.95** Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle 25 de Agosto
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.96** Número del pozo

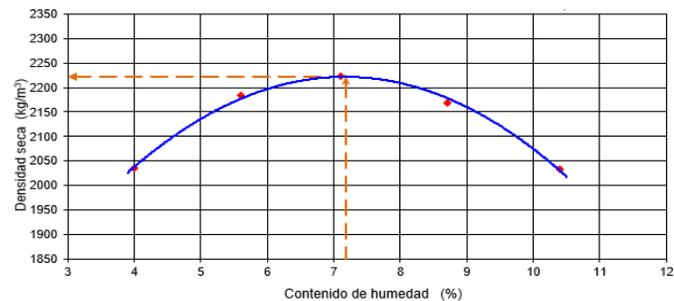
Lote:			
Pozo 1		Pozo 2	X
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.97 Datos y resultados.

Nº de capas		5	5	5	5	5
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10423	10833	10995	10943	10702
Peso del molde	g	5886	5886	5886	5886	5886
Peso suelo húmedo	g	4537	4947	5109	5057	4816
Volumen de la muestra	cm ³	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	2,115	2,306	2,382	2,358	2,245
Tara Nº	pza	8	10	11	19	20
Peso suelo húmedo + tara	g	390,90	356,27	333,44	328,31	341,39
Peso suelo seco + tara	g	378,12	341,09	315,30	307,14	315,31
Peso del agua	g	12,78	15,18	18,14	21,17	26,08
Peso de la tara	g	58,74	70,00	59,86	63,82	64,58
Peso suelo seco	g	319,38	271,09	255,44	243,32	250,73
Contenido de humedad	%	4,0	5,6	7,1	8,7	10,4
Densidad de suelo seco	kg/m ³	2034	2184	2224	2169	2034

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.161 Curva de compactación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.98 Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Potosí
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.99 Número del pozo

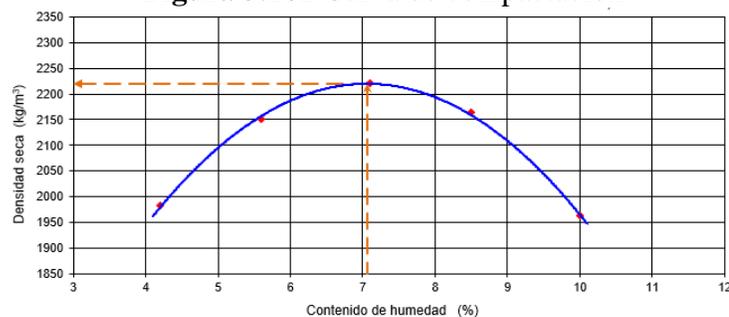
	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3	X	Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.100 Datos y resultados

Nº de capas		5	5	5	5	5
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10316	10756	10986	10924	10515
Peso del molde	g	5886	5886	5886	5886	5886
Peso suelo húmedo	g	4430	4870	5100	5038	4629
Volumen de la muestra	cm ³	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	2,065	2,271	2,378	2,349	2,158
Tara Nº	pza	32	30	14	9	8
Peso suelo húmedo + tara	g	326,10	302,67	396,37	320,15	311,33
Peso suelo seco + tara	g	314,79	289,78	374,10	299,78	288,37
Peso del agua	g	11,31	12,89	22,27	20,37	22,96
Peso de la tara	g	45,60	59,54	60,40	60,12	58,74
Peso suelo seco	g	269,19	230,24	313,70	239,66	229,63
Contenido de humedad	%	4,2	5,6	7,1	8,5	10,0
Densidad de suelo seco	kg/m ³	1982	2150	2220	2165	1962

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.162 Curva de compactación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.101 Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle 1ro de Mayo
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

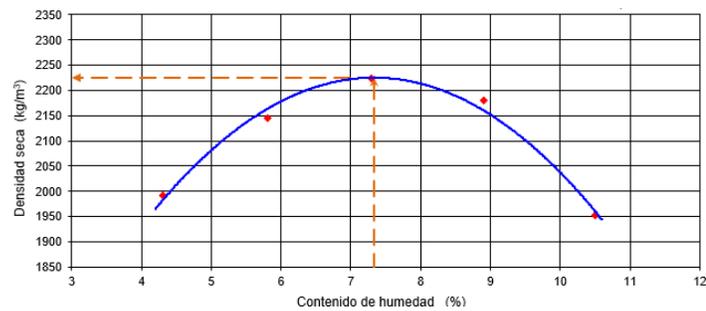
Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.102** Número del pozo

	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	X
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.103** Datos y resultados

Nº de capas		5	5	5	5	5
Nº de golpes por capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10340	10756	11002	10978	10512
Peso del molde	g	5886	5886	5886	5886	5886
Peso suelo húmedo	g	4454	4870	5116	5092	4626
Volumen de la muestra	cm ³	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	2,077	2,271	2,385	2,374	2,157
Tara Nº	pza	15	16	46	48	52
Peso suelo húmedo + tara	g	308,50	357,07	381,85	321,32	333,43
Peso suelo seco + tara	g	298,31	341,08	361,00	300,58	308,78
Peso del agua	g	10,19	15,99	20,85	20,74	24,65
Peso de la tara	g	61,32	65,46	75,33	67,55	73,98
Peso suelo seco	g	236,99	275,62	285,67	233,03	234,80
Contenido de humedad	%	4,3	5,8	7,3	8,9	10,5
Densidad de suelo seco	kg/m ³	1991	2146	2223	2180	1952

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.163 Curva de compactación**Fuente:** Elaboración propia**Tabla 3.104** Datos del ensayo

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Alianza
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.105** Número del pozo

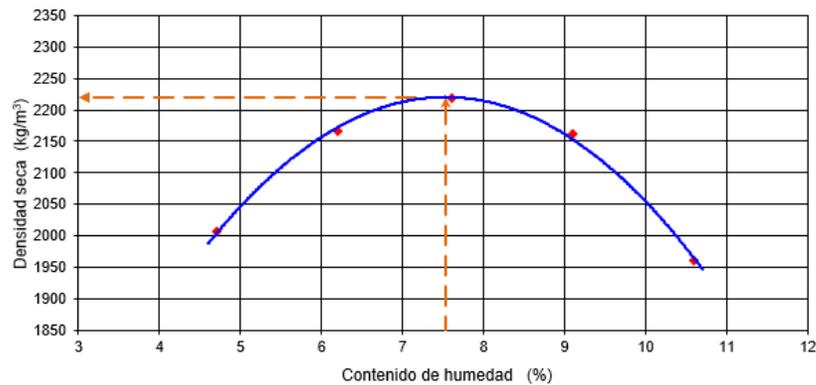
	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5	X	Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.106 Datos y resultados

N° de capas		5	5	5	5	5
N° de golpes por capa		56	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10391	10820	11005	10947	10535
Peso del molde	g	5886	5886	5886	5886	5886
Peso suelo húmedo	g	4505	4934	5119	5061	4649
Volumen de la muestra	cm ³	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83	2144,83
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	2,100	2,300	2,387	2,360	2,168
Tara N°	pza	18	43	20	22	44
Peso suelo húmedo + tara	g	332,94	333,79	348,71	370,68	333,57
Peso suelo seco + tara	g	320,87	318,42	328,64	344,06	308,64
Peso del agua	g	12,07	15,37	20,07	26,62	24,93
Peso de la tara	g	63,99	70,49	64,58	51,49	73,42
Peso suelo seco	g	256,88	247,93	264,06	292,57	235,22
Contenido de humedad	%	4,7	6,2	7,6	9,1	10,6
Densidad de suelo seco	kg/m ³	2006	2166	2218	2163	1960

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.164 Curva de compactación

Fuente: Elaboración propia

3.6.11.25 Paso N°25 aplicación del método límite líquido y límite plástico

Determinar los contenidos de humedad que definen las fronteras entre los estados de consistencia semilíquido, plástico y semisólido, denominadas límite líquido y límite plástico, de una muestra de suelo pasante el tamiz N°40.

El límite líquido se define como el contenido de humedad en la frontera entre los estados de consistencia plástico y semilíquido. El límite plástico se define como el contenido de humedad en la frontera entre los estados de consistencia plástico y semisólido.

LÍMITE LÍQUIDO

La muestra húmeda se coloca en una copa de bronce llamada Copa de Casagrande y con un ranurador se divide la muestra en dos partes, se procede a girar la manivela de la copa generando golpes que hacen fluir el suelo y la ranura tiende a cerrarse debido a los impactos causados por la caída repetitivas de la copa en un dispositivo estándar, se registra el número de golpes necesario para que la ranura se cierre en una longitud de ½ pulgada.

El método multipunto requiere tres ensayos como mínimo a diversos contenidos de humedad, los datos de humedad y número de golpes se grafican en escala semilogarítmica y se traza una recta denominada “Curva de Fluidez”, y se determina el límite líquido como la humedad necesaria para que la ranura se cierre al aplicar 25 golpes.

LÍMITE PLÁSTICO

El límite plástico de determina rolando el suelo, se presiona entre los dedos y una placa de vidrio, rodándola repetidamente hasta formar un rollito o barrita cilíndrica de 1/8 de pulgada (3.2mm) de diámetro, en el proceso se reduce la humedad hasta el punto en que el rollito se agrieta o se quiebra por la presión del amasado y ya no es posible formarlo de nuevo, el contenido de humedad en este punto se reporta como el límite plástico. Se repite el procedimiento hasta reunir una muestra de 6 gr. como mínimo.

NORMA DE REFERENCIA

ASTM D4318 Standard Test for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Límite Líquido (LL): Contenido de humedad en porcentaje, que define la frontera entre los estados de consistencia semilíquido y plástico

Límite Plástico (LP): Contenido de humedad en porcentaje, que define la frontera entre los estados de consistencia plástico y semisólido.

Índice Plástico (IP): Rango de contenido de humedad sobre el cual el suelo se comporta plásticamente, numéricamente se obtiene como la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

Consistencia: Relativa facilidad con la que el suelo puede ser deformado.

3.6.11.26 Paso N°26 Procedimiento del Método LL y LP

PROCEDIMIENTO LÍMITE LÍQUIDO.

- 1) Mi muestra obtenida se debe de secar en el horno un día antes para evitar dificultades con el porcentaje de humedad, una vez seca se procedió al tamizaje con el tamiz N° 40.
- 2) Dentro de un recipiente (platillo), se agregó suficiente agua a la muestra que pasó dicho tamiz, con el fin de formar una pasta de consistencia suave, similar a la mantequilla blanda, esto se pudo lograr con ayuda de una pequeña espátula que con movimientos suaves y por 5 minutos pudimos homogeneizar todo completamente.

Figura 3.165 Pasta para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia

- 3) Se ubicó nuestro aparato Casagrande en un lugar seguro, con ayuda de mi guía pudimos calibrar dicho aparato, que consistía en dejar pasar el ranurador del equipo, por debajo de él, determinando la altura de 1 centímetro. Se procedió a llenar la cuchara del aparato de Casagrande con masa con la ayuda de la espátula.
- 4) Con el ranurador por la parte de en medio quitamos con un movimiento brusco un porcentaje de la masa, produciendo una ranura en medio de la cuchara.

Figura 3.166 Procedimiento del ensayo.



Fuente. Elaboración propia

- 5) Se realizó la cantidad de golpes necesarios de la cuchara, hasta que las paredes de la ranura se unieran, hicimos un cuarteo y cierto porcentaje se quitó y se depositó en una tara, la cual previamente fue pesada y diferenciada para no confundir pesos. Se hizo el pesaje de dicha tara con su muestra dentro.

Figura 3.167 Procedimiento del ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Esto se realizó para diferentes masas, es decir, aumentamos al azar cierta cantidad de suelo seco para alterar su porcentaje de humedad. Este dicho contenido de humedad

calculamos posteriormente, después del secado de dichas taras con su muestra, que fueron expuestas al horno. Y así se concluyó con la primera parte.

PROCEDIMIENTO LÍMITE PLÁSTICO.

1. Con la misma masa anterior, pero aumentando un poco de suelo seco, se procedió a realizar la segunda parte, formando pequeñas bolitas para que tomen cierto secado se hicieron varias para elegir la indicada.

Figura 3.168 Preparación del material.



Fuente: Elaboración propia

2. Estas bolitas las formamos pequeños rollos de al menos 3 milímetros de diámetro y una longitud que variaba entre 4 a 6 centímetros.

Figura 3.169 Preparación del material.



Fuente: Elaboración propia

3. Cortamos los rollos variados tamaños, observando antes que exista ciertas rajaduras pequeñas en ella.

Figura 3.170 Observación para análisis de la muestra.



Fuente: Elaboración propia

4. Se colocó dicho rollito dentro de una tara previamente pesada y diferenciada, y luego se procedió al pesaje de la misma.

Figura 3.171 Pesando el material para los resultados.



Fuente: Elaboración propia

5. Después de ser pesadas todas las taras con sus respectivos contenidos, se concluyó introduciendo todas las taras en una bandeja grande, al horno.

Figura 3.172 Secado de material.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.107 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Av. Franciaco Villa (rotonda)
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.108 Número de pozo

	Lote:		
Pozo 1	X	Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 109 Límite Líquido

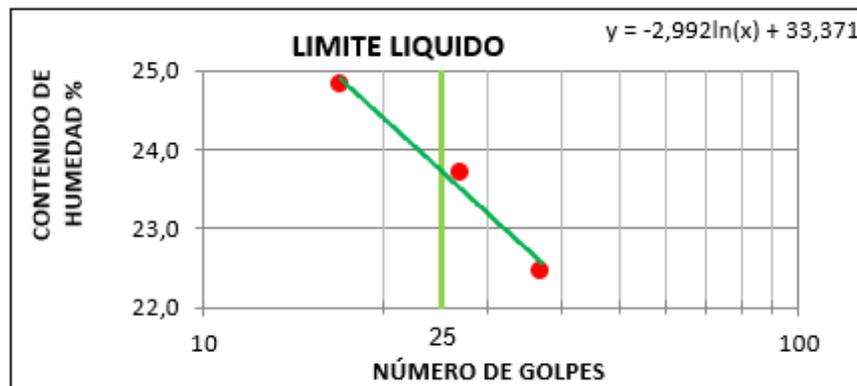
Límite Líquido			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	27	37
Recipiente No.	72	151	8
P ₁	56,66	38,96	37,72
P ₂	54,62	37,28	36,97
P ₃	46,4	30,19	33,63
P _w	2,04	1,68	0,75
P _s	8,22	7,09	3,34
W%	24,82	23,7	22,46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.110 Límite Plástico

Límite Plástico			
Recipiente No.	1	3	72
P ₁	31,17	32,23	33,85
P ₂	30,38	31,44	33,13
P ₃	26,00	27,13	29,20
P _w	0,79	0,79	0,72
P _s	4,38	4,31	3,93
W%	18,0	18,3	18,3

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.173 Grafica número de golpes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.111 Resultados

Resultados		
Límite Líquido	23,72	%
Límite Plástico	18,23	%
Índice Plástico	5,49	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.112 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle 25 de Agosto
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.113 Número de pozo

Lote:			
Pozo 1		Pozo 2	X
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 114 Límite Líquido

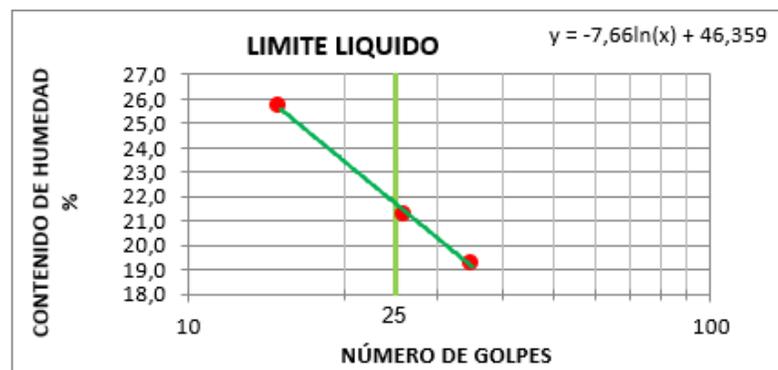
Límite Líquido			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	26	35
Recipiente No.	118	200	1
P ₁	35,46	35,35	34,12
P ₂	33,56	33,73	32,81
P ₃	26,16	26,10	26,00
P _w	1,90	1,62	1,31
P _s	7,40	7,63	6,81
W%	25,68	21,23	19,24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.115 Límite Plástico

Límite Plástico			
Recipiente No.	2	3	8
P ₁	33,35	34,43	33,68
P ₂	32,43	33,65	33,00
P ₃	27,13	29,20	29,05
P _w	0,92	0,78	0,68
P _s	5,30	4,45	3,95
W%	17,4	17,5	17,2

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.174 Grafica número de golpes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.116 Resultados

Resultados		
Límite Líquido	21,73	%
Límite Plástico	17,37	%
Índice Plástico	4,36	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.117 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Potosí
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.118 Número de pozo

	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3	X	Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.119 Límite Líquido

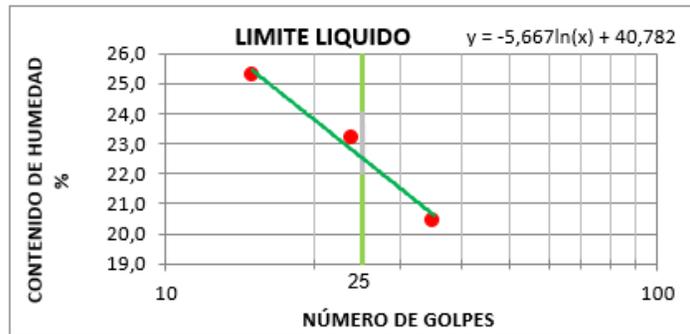
Límite Líquido			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	24	35
Recipiente No.	8	151	72
P_1	37,98	36,67	53,07
P_2	36,18	35,45	51,94
P_3	29,05	30,19	46,40
P_w	1,80	1,22	1,13
P_s	7,13	5,26	5,54
W%	25,25	23,19	20,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.120 Límite Plástico

Límite Plástico			
Recipiente No.	1	2	3
P ₁	32,71	32,42	33,91
P ₂	31,65	31,59	33,17
P ₃	26,00	27,13	29,20
P _w	1,06	0,83	0,74
P _s	5,65	4,46	3,97
W%	18,8	18,6	18,6

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.175 Grafica número de golpes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.121 Resultados

Resultados		
Límite Líquido	22,48	%
Límite Plástico	18,67	%
Índice Plástico	3,81	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.122 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle 1ro de Mayo
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.123 Número de pozo

	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	X
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 124 Limite Liquido

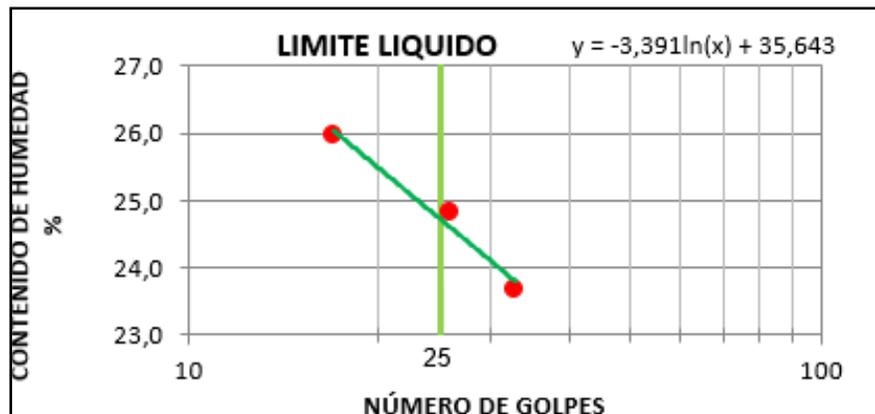
Límite Líquido			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	26	33
Recipiente No.	1	2	3
P ₁	35,85	35,28	35,84
P ₂	33,82	33,66	34,57
P ₃	26,00	27,13	29,20
P _w	2,03	1,62	1,27
P _s	7,82	6,53	5,37
W%	25,96	24,81	23,65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.125 Limite Plástico

Límite Plástico			
Recipiente No.	8	151	72
P ₁	33,90	35,16	51,69
P ₂	33,10	34,36	50,84
P ₃	29,05	30,19	46,40
P _w	0,80	0,80	0,85
P _s	4,05	4,17	4,44
W%	19,8	19,2	19,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.176 Grafica número de golpes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.126 Resultados

Resultados		
Límite Líquido	24,70	%
Límite Plástico	19,36	%
Índice Plástico	5,34	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.127 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Blen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Alianza
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.128 Número de pozo

	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5	X	Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.129 Limite Liquido

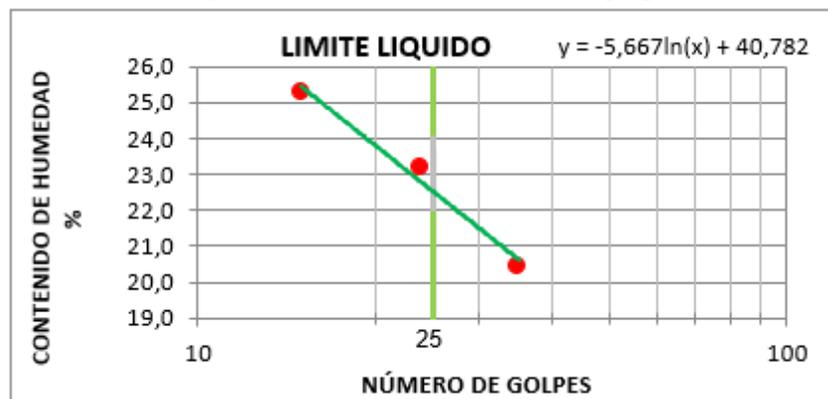
Límite Líquido			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	26	33
Recipiente No.	1	2	3
P ₁	35,85	35,28	35,84
P ₂	33,82	33,66	34,57
P ₃	26,00	27,13	29,20
P _w	2,03	1,62	1,27
P _s	7,82	6,53	5,37
W%	25,96	24,81	23,65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.130 Limite Plástico

Límite Plástico			
Recipiente No.	8	151	72
P ₁	33,90	35,16	51,69
P ₂	33,10	34,36	50,84
P ₃	29,05	30,19	46,40
P _w	0,80	0,80	0,85
P _s	4,05	4,17	4,44
W%	19,8	19,2	19,1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.177 Grafica número de golpes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.131 Resultados

Resultados		
Límite Líquido	24,70	%
Límite Plástico	19,36	%
Índice Plástico	5,34	%

Fuente: Elaboración propia

3.6.11.27 Paso N°27 Aplicación del Método de CBR

El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos. Las siglas CBR significan Californian Bearing Ratio y proviene de que este ensayo fue desarrollado, antes de la segunda guerra mundial, por el Departamento de Transportes de California.

La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. • Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado.

El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kg. /cm² (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerido para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, en ecuación, esto se expresa:

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

3.6.11.28 PASO N°28 Procedimiento del método de CBR

- En el método C.B.R. el procedimiento comúnmente empleado para las muestras, es en líneas generales.
- En primer lugar, se seleccionó la cantidad de la muestra, luego procedimos a la compensación del mismo pasándolo por el tamiz ¾” y Nro. 4 y se compenso por peso con el material intermedio entre ¾” y Nro. 4.

- Se ensambló el molde cilíndrico, se introduce el disco y se colocó encima de este un papel filtro grueso de 6" de diámetro.
- La muestra que ha sido debidamente preparada se lo ha humedecido añadiendo la cantidad de agua que ha sido previamente determinada, se mezcla bien el material, a fin de obtener una muestra uniformemente húmeda y se tuvo que determinar su contenido de humedad.
- Se colocó la muestra dentro de un molde y se la compactó en 5 capas que tengan un espesor aproximadamente igual, haciendo caer el pisón 56 veces sobre cada capa. Esta compactación se la hizo siguiendo un método indicado en el AASHTO standard T-180 briqueta compactada deberá tener un espesor aproximado de 5".
- Una vez compactada la muestra, se quitó el collarín metálico, se enrasó algunas deformaciones de la parte superior, de aquella, con los bordes del molde cilíndrico, corrigiendo cualquiera irregularidad superficial, se volteó el molde y se quitó la base metálica perforada y el disco espaciador.
- Se pesaron el molde con la muestra y se tuvo que determinar la densidad y la humedad de aquella.
- Una vez determinada y la densidad de la muestra, se coloca un papel filtro grueso de 6" de diámetro sobre la superficie enrasada, se montó encima de esta superficie el plato metálico perforado, se volteará el molde.
- Sobre la superficie libre de la muestra se colocó un papel filtro grueso de 6" de diámetro y se montará el plato con el vástago graduable, luego, sobre el plato se colocará varias pesas de plomo.
- Se colocó el molde dentro de un tanque o un depósito de agua.
- Colocado el molde dentro del tanque, se monta el trípode con un extensómetro y se tomó registrando la "lectura inicial".
- Luego cada 24 horas y por un periodo de 4 días se tomó y registro las lecturas del extensómetro.

- Posteriormente de las lecturas se dreno toda el agua del molde y se lo peso.
- Finalmente se procedió al incamiento aplicado cargas a 0.025”, 0.05”, 0.075”, 0.1”, 0.2”, 0.3”, 0.4” y 0.5”.
- Por último, al finalizar con todo se ha extraído tres muestras para el contenido de humedad, una del fondo, otra de la superficie y la última a 2” de profundidad de la superficie.

Tabla 3.132 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Av. Franciaco Villa (rotonda)
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.133** Número de pozos

	Lote:		
Pozo 1	X	Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.134** Resumen de la AASHTO

Tamiz :	3"	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L. L. (%)	I. P. (%)	Clasificación
% Pasa:	100,0	100,0	100,0	97,1	93,1	90,4	41,6	26,7	14,8	22,0	4,0	22	4	A - 1a IG(0)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.135 Calculo del ensayo

Molde N°	5		6		4	
	5		5		5	
N° de Capas	56		25		12	
N° de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Antes	Desp.	Antes	Desp.	Antes	Desp.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	11238	11324	11367	11524	11308	11545
Peso Molde (g)	6135	6135	6584	6584	6760	6760
Peso Muestra Húmeda (g)	5103	5189	4783	4940	4548	4785
Volumen de la muestra (cm ³)	2133,99	2133,99	2111,98	2111,98	2111,86	2111,86
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,391	2,432	2,265	2,339	2,154	2,266

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.136 Compactación y Embebimiento

Tara N°	De Compact		De Embebido		De Compact.		De Embebido	
	45	14	61	52	18	23	23	23
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	378,93	421,91	415,13	399,48	389,37	416,72	416,72	416,72
Peso Suelo Seco + Tara (g)	356,75	391,34	390,31	366,02	366,09	375,46	375,46	375,46
Peso Agua (g)	22,18	30,57	24,82	33,46	23,28	41,26	41,26	41,26
Peso Tara (g)	71,68	60,40	72,57	73,98	63,99	59,20	59,20	59,20
Peso Suelo Seco (g)	285,07	330,94	317,74	292,04	302,10	316,26	316,26	316,26
% de Humedad	7,8	9,2	7,8	11,5	7,7	13,0	13,0	13,0
Densidad Seca Probeta (kg/m ³)	2219	2226	2101	2099	1999	2004	2004	2004
Densidad Seca Máxima Laboratorio (kg/m ³)	2216	2216	2216	2216	2216	2216	2216	2216
Relación Dens. Seca Probeta y Dens. Máx. Lab. (%)	100,1	100,5	94,8	94,7	90,2	90,4	90,4	90,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.137 Determinación de la expansión

Fecha	Hora	Lect.			Lect.			Lect.		
		Alt (mm)	% Expansión		Alt (mm)	% Expansión		Alt (mm)	% Expansión	
13-may-22	15:00:00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00
14-may-22	15:00:00	21	115,8	0,18	27	115,8	0,23	35	115,8	0,30
15-may-22	15:00:00	34	115,8	0,29	55	115,8	0,47	73	115,8	0,63
16-may-22	15:00:00	45	115,8	0,39	73	115,8	0,63	84	115,8	0,73
17-may-22	15:00:00	77	115,8	0,66	103	115,8	0,89	126	115,8	1,09

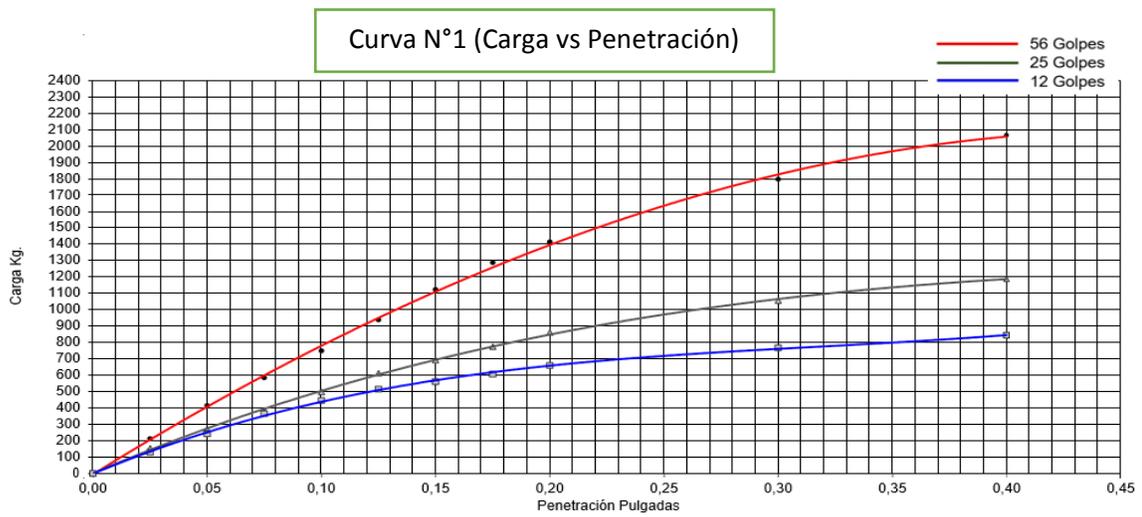
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.138 Calculo de CBR

Penetración			Carga Patrón kg/cm ²	Lect. Dial	Carga (kg) C.B.R.			Lect. Dial	Carga (kg) C.B.R.			Lect. Dial	Carga (kg) C.B.R.		
Min	Pulg	mm			Calc.	Correg.	%		Calc.	Correg.	%		Calc.	Correg.	%
0,5	0,025	0,64	70,3	209,9	211,5		152,3	153,9		126,7	128,4				
1,0	0,050	1,27		412,7	414,3		269,9	271,5		240,2	241,8				
1,5	0,075	1,91		582,0	583,5		381,0	382,6		363,1	364,6				
2,0	0,100	2,54		747,1	748,6	779,4	54,7	495,6	497,1	503,8	35,4	443,7	445,2	437,1	30,7
2,5	0,125	3,18		936,5	937,9			610,0	611,5			513,1	514,6		
3,0	0,150	3,81	105,5	1120,8	1122,1		690,7	692,2		558,5	560,0				
3,5	0,175	4,45		1285,9	1287,2		772,9	774,3		604,8	606,3				
4,0	0,200	5,08		1411,3	1412,6	1394,4	65,2	858,9	860,3	847,5	39,7	657,1	658,6	657,8	30,8
6,0	0,300	7,62		1794,6	1795,7		1053,5	1054,9		765,0	766,5				
8,0	0,400	10,16		2062,1	2063,2		1187,4	1188,7		841,7	843,1				

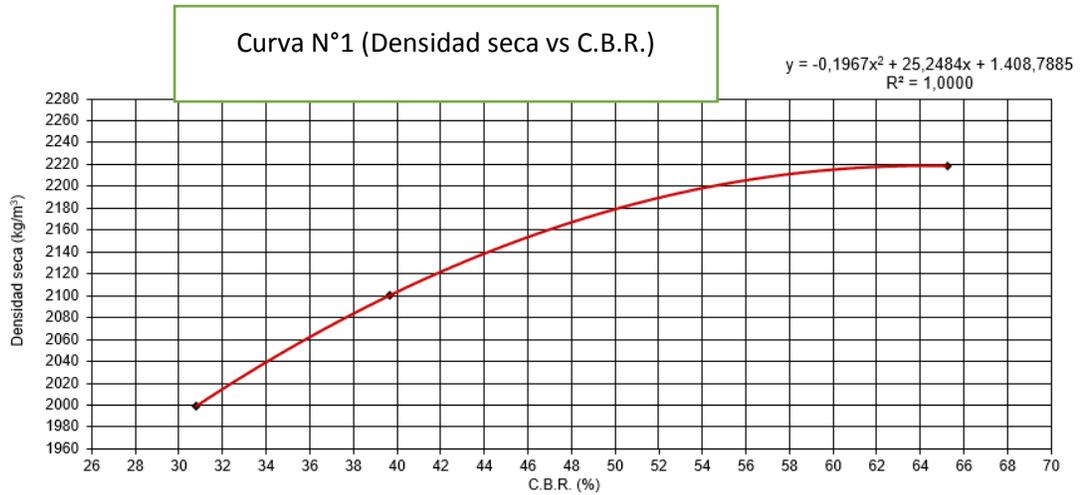
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.178 Grafica carga vs penetracion



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.179 Grafica densidad seca vs C.B.R.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.139 Resultados de CBR

Densidad seca del suelo al 95% =	2105	kg/m ³	→	C.B.R. AL 95%	Densidad seca del suelo =	40,1	%
Densidad seca del suelo aL 97% =	2150	kg/m ³	→	C.B.R. AL 97%	Densidad seca del suelo =	45,4	%
Densidad seca del suelo aL 100% =	2216	kg/m ³	→	C.B.R. AL 100%	Densidad seca del suelo =	60,3	%
Expansión al 95% de densidad seca =	0,95%			Expansión al 97% de densidad seca =	0,86%		
				Expansión al 100% densidad seca =	0,73%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.140 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle 25 de Agosto
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.141 Número de pozos

	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	X
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.142 Resumen de la AASHTO

Tamiz :	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L. L. (%)	I. P. (%)	Clasificación
% Pasa :	100,0	100,0	100,0	97,1	93,1	90,4	41,6	26,7	14,8	22,0	4,0	22	4	A - 1a IG(0)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.143 Calculo del ensayo

Molde Nº	1		2		3	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	12787	12848	12456	12578	12372	12526
Peso Molde (g)	7717	7717	7614	7614	7762	7762
Peso Muestra Húmeda (g)	5070	5131	4842	4964	4610	4764
Volumen de la muestra (cm ³)	2122,73	2122,73	2124,78	2124,78	2134,85	2134,85
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,388	2,417	2,279	2,336	2,159	2,232

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.144 Compactación y Embebimiento

	De Compact.	De Embebido	De Compact.	De Embebido	De Compact.	De Embebido
Tara Nº	20	13	19	8	11	10
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	302,37	328,63	284,98	318,52	299,43	336,31
Peso Suelo Seco + Tara (g)	286,19	307,69	270,12	295,55	282,92	310,79
Peso Agua (g)	16,18	20,94	14,86	22,97	16,51	25,52
Peso Tara (g)	64,58	61,32	63,82	58,74	59,86	70,00
Peso Suelo Seco (g)	221,61	246,37	206,30	236,81	223,06	240,79
% de Humedad	7,3	8,5	7,2	9,7	7,4	10,6
Densidad Seca Probeta (kg/m ³)	2226	2228	2126	2130	2011	2018
Densidad Seca Máxima Laboratorio (kg/m ³)	2223	2223	2223	2223	2223	2223
Relación Dens. Seca Probeta y Dens. Máx. Lab. (%)	100,1	100,2	95,6	95,8	90,4	90,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.145 Determinación de la expansión

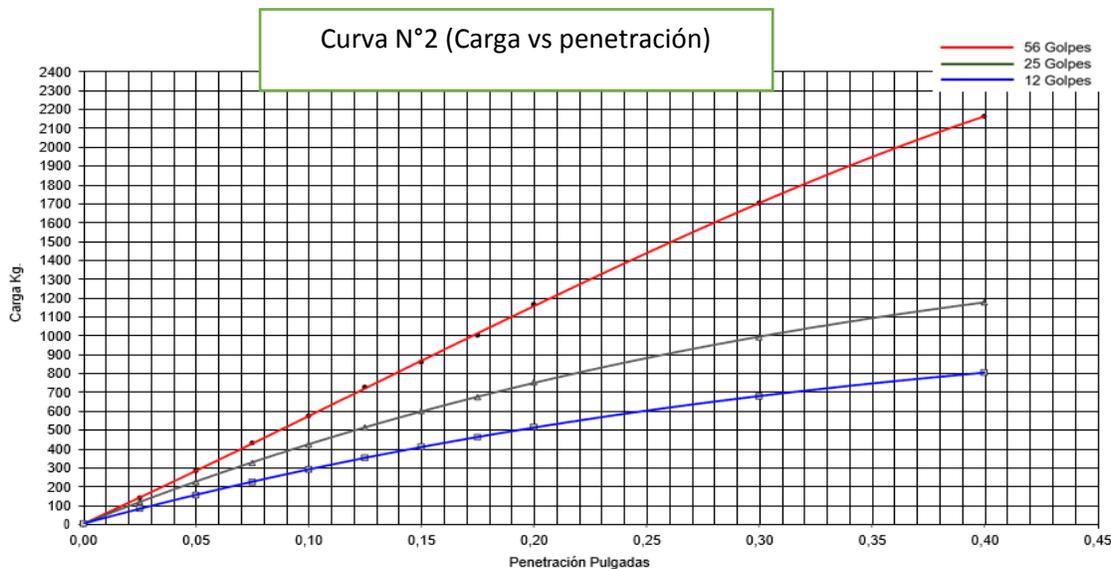
Fecha	Hora	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión
9-may-22	15:00:00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00
10-may-22	15:00:00	21	115,8	0,18	27	115,8	0,23	35	115,8	0,30
11-may-22	15:00:00	34	115,8	0,29	55	115,8	0,47	73	115,8	0,63
12-may-22	15:00:00	45	115,8	0,39	73	115,8	0,63	84	115,8	0,73
13-may-22	15:00:00	77	115,8	0,66	103	115,8	0,89	126	115,8	1,09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.146 Calculo de CBR

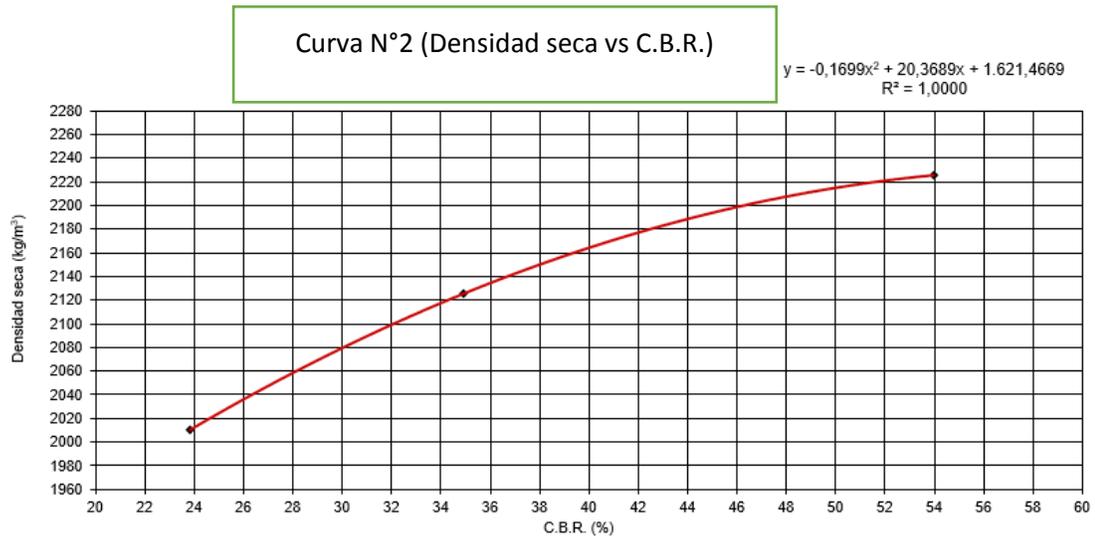
Penetración			Carga Patrón	Lect.	Carga (kg)			C.B.R.	Lect.	Carga (kg)			C.B.R.	Lect.	Carga (kg)			C.B.R.	
Mín	Pulg	mm	kg/cm ²	Dial	Calc.	Correg.	%	Dial	Calc.	Correg.	%	Dial	Calc.	Correg.	%	Dial	Calc.	Correg.	%
0,5	0,025	0,64		134,5	136,2			115,5	117,2			78,8	80,4						
1,0	0,050	1,27		278,5	280,1			220,1	221,7			150,1	151,7						
1,5	0,075	1,91		426,4	428,0			320,8	322,4			218,7	220,3						
2,0	0,100	2,54	70,3	570,1	571,6	570,9	40,1	419,6	421,1	421,3	29,6	286,1	287,7	287,8	20,2				
2,5	0,125	3,18		722,6	724,0			509,2	510,7			347,2	348,7						
3,0	0,150	3,81		856,0	857,4			596,5	598,0			406,7	408,3						
3,5	0,175	4,45		998,6	1000,0			670,5	672,0			457,2	458,7						
4,0	0,200	5,08	105,5	1162,0	1163,3	1154,5	54,0	748,8	750,2	746,8	34,9	510,5	512,1	509,8	23,8				
6,0	0,300	7,62		1700,2	1701,4			988,4	989,8			673,9	675,4						
8,0	0,400	10,16		2160,8	2161,8			1173,8	1175,1			800,3	801,7						

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.180 Grafica carga vs penetración

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.181 Grafica densidad seca vs C.B.R.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.147 Resultados de CBR

Densidad seca del suelo al 95% =	2105	kg/m ³	→	C.B.R. AL 95%	Densidad seca del suelo =	40,1	%	
Densidad seca del suelo aL 97% =	2150	kg/m ³	→	C.B.R. AL 97%	Densidad seca del suelo =	45,4	%	
Densidad seca del suelo aL 100% =	2216	kg/m ³	→	C.B.R. AL 100%	Densidad seca del suelo =	60,3	%	
Expansión al 95%de densidad seca =		0,95%	Expansión al 97% de densidad seca =		0,86%	Expansión al 100% densidad seca =		0,73%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.148 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Potosí
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.149 Número de pozos

Lote:			
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3	X	Pozo 4	
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.150 Resumen de la AASHTO

Tamiz :	3"	2"	1 ¹ / ₂ "	1"	3 ³ / ₄ "	1 ¹ / ₂ "	3 ³ / ₈ "	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L. L. (%)	I. P. (%)	Clasificación
% Pasa:	100,0	100,0	100,0	97,1	93,1	90,4	41,6	26,7	14,8	22,0	4,0	22	4	A - 1a IG(0)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.151 Calculo del ensayo

Molde Nº	7		8		9	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.	Antes Embeber	Desp. Embeb.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	13589	13697	13530	13714	13021	13268
Peso Molde (g)	8546	8546	8663	8663	8424	8424
Peso Muestra Húmeda (g)	5043	5151	4867	5051	4597	4844
Volumen de la muestra (cm ³)	2117,31	2117,31	2120,61	2120,61	2119,97	2119,97
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,382	2,433	2,295	2,382	2,168	2,285

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.152 Compactación y Embebimiento

	De Compact.	De Embebido	De Compact.	De Embebido	De Compact.	De Embebido
Tara Nº	60	21	46	32	13	33
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	382,54	401,21	475,05	454,51	422,52	458,35
Peso Suelo Seco + Tara (g)	361,75	372,26	448,20	414,65	398,89	412,99
Peso Agua (g)	20,79	28,95	26,85	39,86	23,63	45,36
Peso Tara (g)	68,89	54,13	75,33	45,60	61,32	47,17
Peso Suelo Seco (g)	292,86	318,13	372,87	369,05	337,57	365,82
% de Humedad	7,1	9,1	7,2	10,8	7,0	12,4
Densidad Seca Probeta (kg/m ³)	2224	2230	2141	2150	2027	2033
Densidad Seca Máxima Laboratorio (kg/m ³)	2220	2220	2220	2220	2220	2220
Relación Dens. Seca Probeta y Dens. Máx. Lab. (%)	100,2	100,4	96,4	96,8	91,3	91,6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.153 Determinación de la expansión

Fecha	Hora	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión
9-may-22	15:00:00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00
10-may-22	15:00:00	21	115,8	0,18	27	115,8	0,23	35	115,8	0,30
11-may-22	15:00:00	34	115,8	0,29	55	115,8	0,47	73	115,8	0,63
12-may-22	15:00:00	45	115,8	0,39	73	115,8	0,63	84	115,8	0,73
13-may-22	15:00:00	77	115,8	0,66	103	115,8	0,89	126	115,8	1,09

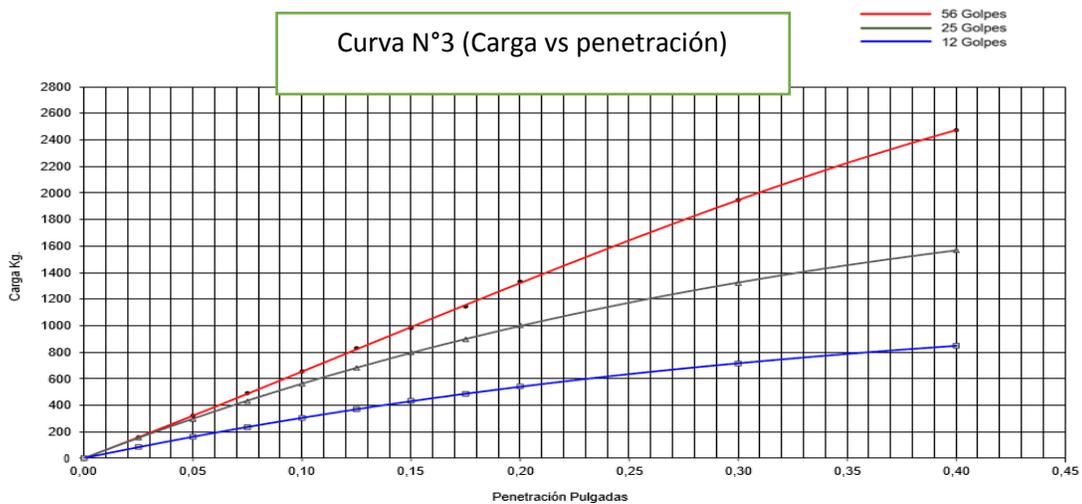
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.154 Calculo de CBR

Penetración			Carga Patrón kg/cm ²	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %
Min	Pulg	mm			Calc.	Correg.				Calc.	Correg.				Calc.	Correg.		
0,5	0,025	0,64		153,7	155,4			154,0	155,7			83,2	84,8					
1,0	0,050	1,27		318,3	319,9			293,5	295,1			158,4	160,0					
1,5	0,075	1,91		487,3	488,9			427,7	429,3			230,9	232,5					
2,0	0,100	2,54	70,3	651,5	653,0	652,1	45,8	559,4	560,9	561,1	39,4	302,0	303,6	303,9	21,3			
2,5	0,125	3,18		825,8	827,2			678,9	680,4			366,4	368,0					
3,0	0,150	3,81		978,3	979,7			795,4	796,8			429,3	430,9					
3,5	0,175	4,45		1141,3	1142,6			894,0	895,4			482,6	484,1					
4,0	0,200	5,08	105,5	1328,0	1329,2	1319,1	61,7	998,4	999,7	995,2	46,6	538,9	540,4	538,2	25,2			
6,0	0,300	7,62		1943,1	1944,2			1317,8	1319,1			711,3	712,8					
8,0	0,400	10,16		2469,5	2470,4			1565,0	1566,2			844,8	846,2					

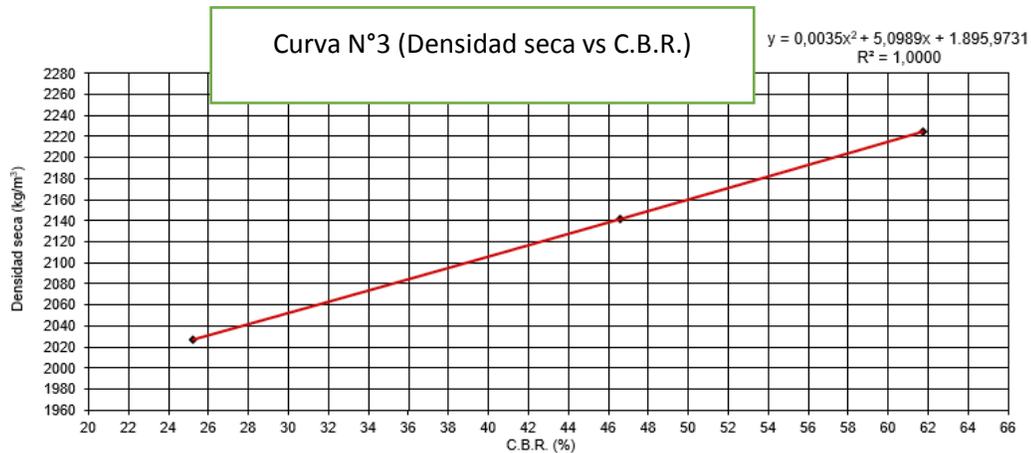
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.182 Grafica carga vs penetración



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.183 Grafica densidad seca vs C.B.R.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.155 Resultados de CBR

Densidad seca del suelo al 95% =	2105	kg/m ³	→	C.B.R. AL 95%	Densidad seca del suelo =	40,1	%	
Densidad seca del suelo aL 97% =	2150	kg/m ³	→	C.B.R. AL 97%	Densidad seca del suelo =	45,4	%	
Densidad seca del suelo aL 100% =	2216	kg/m ³	→	C.B.R. AL 100%	Densidad seca del suelo =	60,3	%	
Expansión al 95%de densidad seca =		0,95%	Expansión al 97% de densidad seca =		0,86%	Expansión al 100% densidad seca =		0,73%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.156 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Belen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Iro de Mayo
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.157 Número de pozos

	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	X
Pozo 5		Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.158 Resumen de la AASHTO

Tamiz :	3"	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L. L. (%)	I. P. (%)	Clasificación
% Pasa :	100,0	100,0	100,0	97,1	93,1	90,4	41,6	26,7	14,8	22,0	4,0	22	4	A - 1a IG(0)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.159 Calculo del ensayo

Molde Nº	13		14		15	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Embeber	Desp.	Antes	Desp.	Antes	Desp.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	12267	12361	12340	12507	12376	12641
Peso Molde (g)	7209	7209	7507	7507	7857	7857
Peso Muestra Húmeda (g)	5058	5152	4833	5000	4519	4784
Volumen de la muestra (cm ³)	2113,990263	2113,99	2118,78826	2118,79	2095,844424	2095,84
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,393	2,437	2,281	2,360	2,156	2,283

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.160 Compactación y Embebimiento

	Compact.	Embebido	Compact.	Embebido	Compact.	Embebido
Tara N°	8	46	9	23	7	32
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	427,39	446,72	427,15	279,47	424,85	324,12
Peso Suelo Seco + Tara (g)	401,36	414,81	401,55	258,00	399,89	292,30
Peso Agua (g)	26,03	31,91	25,60	21,47	24,96	31,82
Peso Tara (g)	58,74	75,33	60,12	59,20	62,49	45,60
Peso Suelo Seco (g)	342,62	339,48	341,43	198,80	337,40	246,70
% de Humedad	7,6	9,4	7,5	10,8	7,4	12,9
Densidad Seca Probeta (kg/m ³)	2224	2228	2122	2130	2008	2022
Densidad Seca Máxima Laboratorio (kg/m ³)	2221	2221	2221	2221	2221	2221
Relación Dens. Seca Probeta y Dens. Máj. Lab. (%)	100,1	100,3	95,5	95,9	90,4	91,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.161 Determinación de la expansión

Fecha	Hora	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión
13-may-22	15:00:00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00
14-may-22	15:00:00	21	115,8	0,18	27	115,8	0,23	35	115,8	0,30
15-may-22	15:00:00	34	115,8	0,29	55	115,8	0,47	73	115,8	0,63
16-may-22	15:00:00	45	115,8	0,39	73	115,8	0,63	84	115,8	0,73
17-may-22	15:00:00	77	115,8	0,66	103	115,8	0,89	126	115,8	1,09

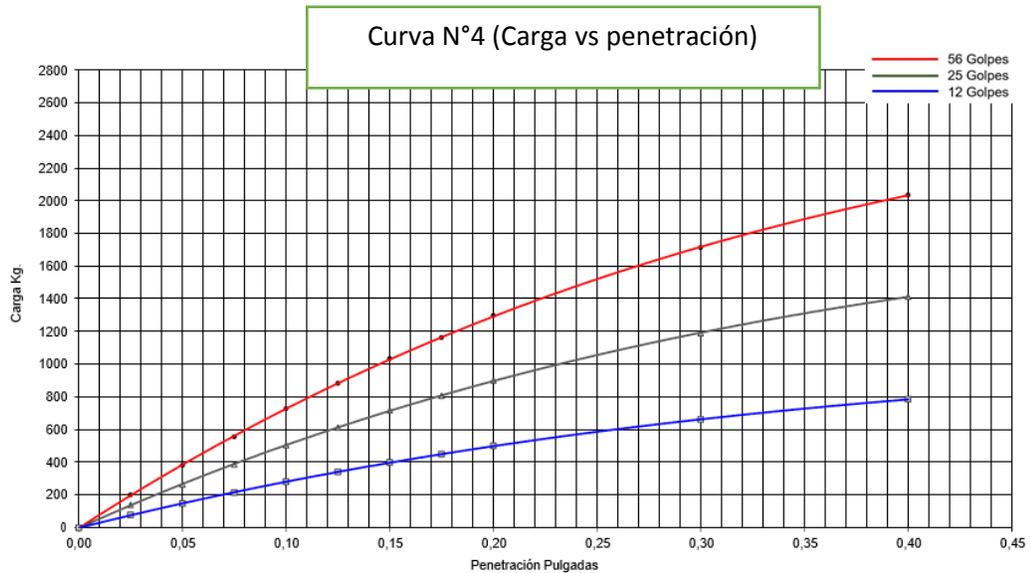
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.162 Calculo de CBR

Penetración			Carga Patrón kg/cm ²	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R. %
Min	Pulg	mm			Calc.	Correg				Calc.	Correg				Calc.	Correg		
0,5	0,025	0,64	70,3	219,2	220,8			150,8	152,4			82,8	84,5					
1,0	0,050	1,27		417,6	419,1			287,2	288,8			157,8	159,4					
1,5	0,075	1,91		608,6	610,1			418,6	420,1			230,0	231,6					
2,0	0,100	2,54		796,0	797,4	797,7	56,0	547,5	549,0	549,2	38,5	300,8	302,4	302,6	21,2			
2,5	0,125	3,18		966,0	967,4			664,4	665,9			365,1	366,6					
3,0	0,150	3,81	105,5	1131,7	1133,1			778,4	779,9			427,7	429,3					
3,5	0,175	4,45		1272,0	1273,3			874,9	876,4			480,7	482,3					
4,0	0,200	5,08		1420,5	1421,8	1415,3	66,2	977,1	978,5	974,0	45,6	536,9	538,4	535,9	25,1			
6,0	0,300	7,62		1875,1	1876,2			1289,8	1291,1			708,7	710,1					
8,0	0,400	10,16		2226,8	2227,9			1531,7	1532,9			841,6	843,0					

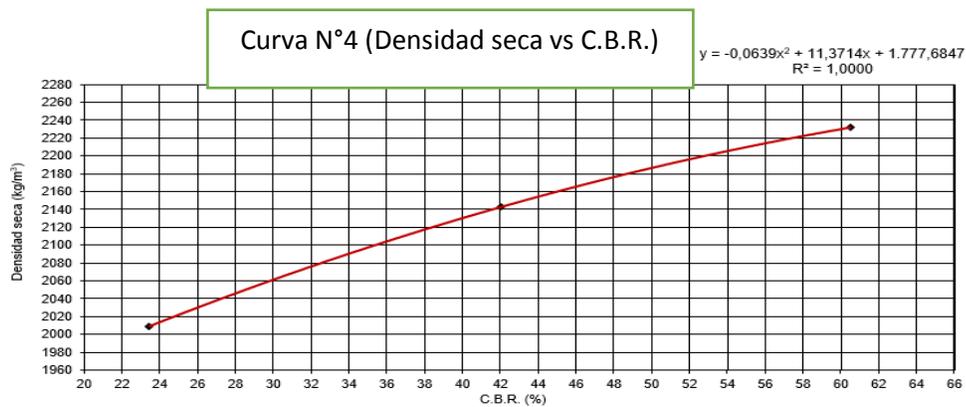
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.184 Grafica carga vs penetracion



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.185 Grafica densidad seca vs C.B.R.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.163 Resultados de CBR

Densidad seca del suelo al 95% =	2105	kg/m ³	→	C.B.R. AL 95%	Densidad seca del suelo =	40,1	%
Densidad seca del suelo aL 97% =	2150	kg/m ³	→	C.B.R. AL 97%	Densidad seca del suelo =	45,4	%
Densidad seca del suelo aL 100% =	2216	kg/m ³	→	C.B.R. AL 100%	Densidad seca del suelo =	60,3	%
Expansión al 95%de densidad seca =	0,95%			Expansión al 97% de densidad seca =	0,86%		
				Expansión al 100% densidad seca =	0,73%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.164 Datos del proyecto

Proyecto:	Propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico
Propietario:	Maria Blen Madariaga
Ubicación:	Entre Ríos - Tarija
Fecha :	30 de abril de 2022
Localización de exploración:	Calle Alianza
Profundidad muestra (m):	0,00 - 0,40

FUENTE: Elaboración propia**Tabla 3.165** Número de pozos

	Lote:		
Pozo 1		Pozo 2	
Pozo 3		Pozo 4	
Pozo 5	X	Pozo 6	

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.166** Resumen de la AASHTO

Tamiz :	3"	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L. L. (%)	I. P. (%)	Clasificación
% Pasa :	100,0	100,0	100,0	97,1	93,1	90,4	41,6	26,7	14,8	22,0	4,0	22	4	A - 1a IG(0)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 3.167** Calculo del ensayo

Molde Nº	13		14		15	
Nº de Capas	5		5		5	
Nº de Golpes / Capa	56		25		12	
Condición de la Muestra	Embeber	Desp.	Antes	Desp.	Antes	Desp.
Peso Muestra Húmeda+Molde (g)	12267	12361	12340	12507	12376	12641
Peso Molde (g)	7209	7209	7507	7507	7857	7857
Peso Muestra Húmeda (g)	5058	5152	4833	5000	4519	4784
Volumen de la muestra (cm ³)	2113,990263	2113,99	2118,78826	2118,79	2095,844424	2095,84
Densidad Húmeda (g/cm ³)	2,393	2,437	2,281	2,360	2,156	2,283

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.168 Compactación y Embebimiento

	Compact.	Embebido	Compact.	Embebido	Compact.	Embebido
Tara N°	8	46	9	23	7	32
Peso Suelo Húmedo + Tara (g)	427,39	446,72	427,15	279,47	424,85	324,12
Peso Suelo Seco + Tara (g)	401,36	414,81	401,55	258,00	399,89	292,30
Peso Agua (g)	26,03	31,91	25,60	21,47	24,96	31,82
Peso Tara (g)	58,74	75,33	60,12	59,20	62,49	45,60
Peso Suelo Seco (g)	342,62	339,48	341,43	198,80	337,40	246,70
% de Humedad	7,6	9,4	7,5	10,8	7,4	12,9
Densidad Seca Probeta (kg/m ³)	2224	2228	2122	2130	2008	2022
Densidad Seca Máxima Laboratorio (kg/m ³)	2221	2221	2221	2221	2221	2221
Relación Dens. Seca Probeta y Dens. Máx. Lab. (%)	100,1	100,3	95,5	95,9	90,4	91,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.169 Determinación de la expansión

Fecha	Hora	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión	Lect.	Alt (mm)	% Expansión
13-may-22	15:00:00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00	0	115,8	0,00
14-may-22	15:00:00	21	115,8	0,18	27	115,8	0,23	35	115,8	0,30
15-may-22	15:00:00	34	115,8	0,29	55	115,8	0,47	73	115,8	0,63
16-may-22	15:00:00	45	115,8	0,39	73	115,8	0,63	84	115,8	0,73
17-may-22	15:00:00	77	115,8	0,66	103	115,8	0,89	126	115,8	1,09

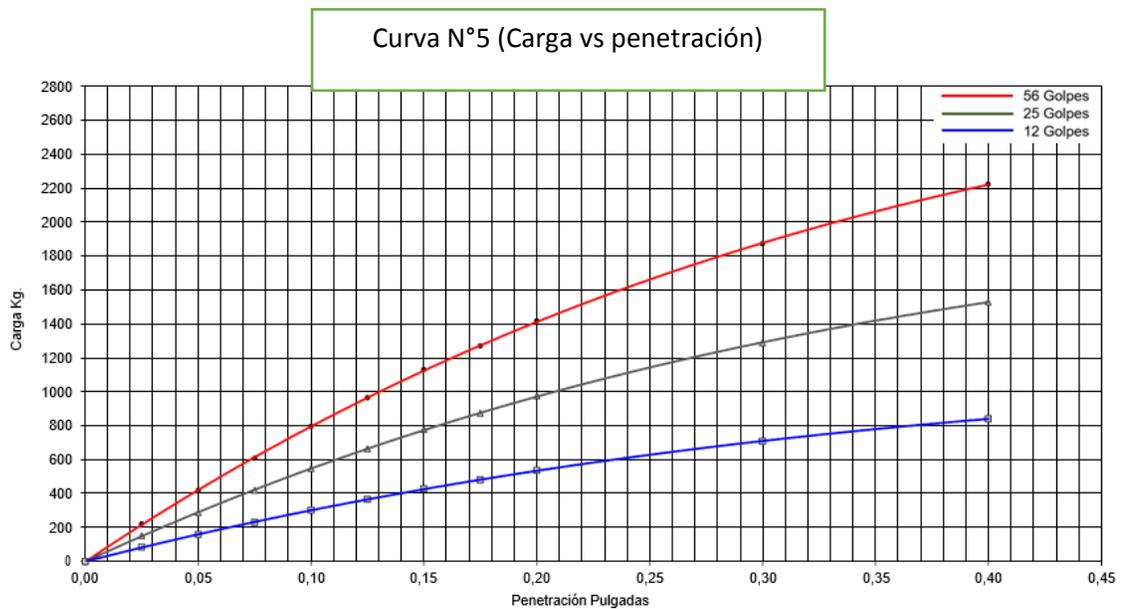
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.170 Calculo de CBR

Penetración			Carga Patrón kg/cm ²	Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R.			Lect. Dial	Carga (kg)			C.B.R.	
Min	Pulg	mm			Calc.	Correg.	%	Calc.	Correg.	%		Calc.	Correg.	%		
0,5	0,025	0,64	70,3	219,2	220,8					150,8	152,4					
1,0	0,050	1,27		417,6	419,1					287,2	288,8					
1,5	0,075	1,91		608,6	610,1					418,6	420,1					
2,0	0,100	2,54		796,0	797,4	797,7	56,0	547,5	549,0	549,2	38,5	300,8	302,4	302,6	21,2	
2,5	0,125	3,18		966,0	967,4			664,4	665,9			365,1	366,6			
3,0	0,150	3,81		1131,7	1133,1			778,4	779,9			427,7	429,3			
3,5	0,175	4,45		1272,0	1273,3			874,9	876,4			480,7	482,3			
4,0	0,200	5,08		1420,5	1421,8	1415,3	66,2	977,1	978,5	974,0	45,6	536,9	538,4	535,9	25,1	
6,0	0,300	7,62		1875,1	1876,2			1289,8	1291,1			708,7	710,1			
8,0	0,400	10,16		2226,8	2227,9			1531,7	1532,9			841,6	843,0			

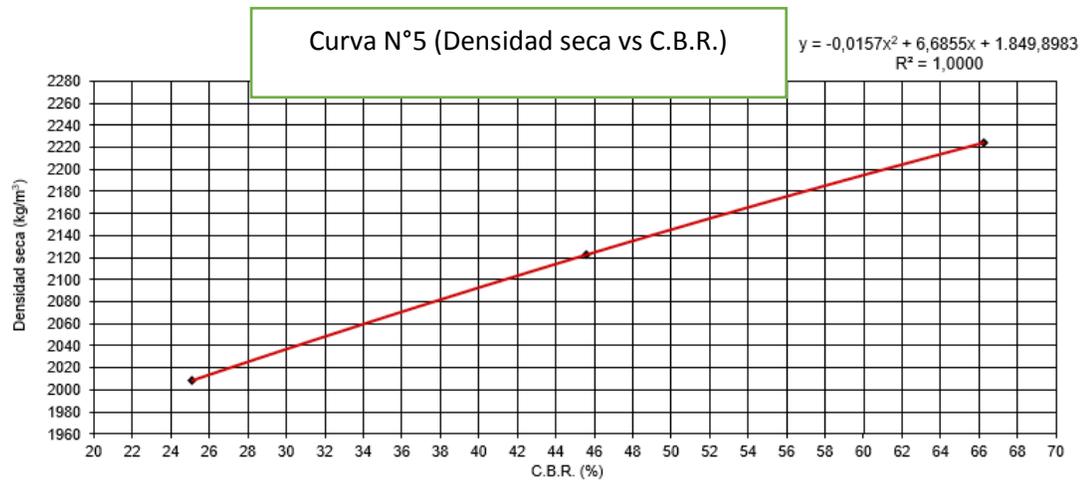
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.186 Grafica carga vs penetración



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.187 Grafica densidad seca vs C.B.R.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.171 Resultados de CBR

Densidad seca del suelo al 95% =	2105	kg/m ³	→ C.B.R. AL 95%	Densidad seca del suelo =	40,1	%
Densidad seca del suelo aL 97% =	2150	kg/m ³	→ C.B.R. AL 97%	Densidad seca del suelo =	45,4	%
Densidad seca del suelo aL 100% =	2216	kg/m ³	→ C.B.R. AL 100%	Densidad seca del suelo =	60,3	%
Expansión al 95%de densidad seca =	0,95%	Expansión al 97% de densidad seca =	0,86%	Expansión al 100% densidad seca =	0,73%	

Fuente: Elaboración propia

3.6.11.29 PASO N°29 Análisis De Resultados.

El análisis de resultados es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas de deterioros del porqué de sus fallas, este análisis nos ayuda a poder dar un diagnóstico forense ya que sabremos los resultados estudiados en cada punto o tramo deseado.

Análisis falla 1

Analizada la falla 1 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 1 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 2

Analizada la falla 2 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 2 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 3

Analizada la falla 3 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 3 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 4

Analizada la falla 4 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 4 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 5

Analizada la falla 5 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 5 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 6

Analizada la falla 6 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 6 se produjo debido a un desprendimiento y pérdida de la superficie del pavimento debido que esto se dio a la ausencia del ligante asfáltico y de las partículas sueltas del agregado, este daño nos indica que, si bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma

apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad, y el ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados es debido al derramamiento de aceites que se considera el desprendimiento.

Análisis falla 7

Analizada la falla 7 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 7 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 8

Analizada la falla 8 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 8 se produjo debido a un desprendimiento y pérdida de la superficie del pavimento debido que esto se dio a la ausencia del ligante asfáltico y de las partículas sueltas del agregado, este daño nos indica que, si bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad, y el ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados es debido al derramamiento de aceites que se considera el desprendimiento.

Análisis falla 9

Analizada la falla 9 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 9 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no

de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 10

Analizada la falla 10 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 10 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 11

Analizada la falla 11 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 11 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 12

Analizada la falla 12 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 12 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 13

Analizada la falla 13 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 13 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 14

Analizada la falla 14 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 14 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 15

Analizada la falla 15 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 15 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que

generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 16

Analizada la falla 16 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 16 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 17

Analizada la falla 17 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 17 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento

y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 18

Analizada la falla 18 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 18 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 19

Analizada la falla 19 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 19 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 20

Analizada la falla 20 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 20 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 21

Analizada la falla 21 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 21 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 22

Analizada la falla 22 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 22 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 23

Analizada la falla 23 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 23 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 24

Analizada la falla 24 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 24 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 25

Analizada la falla 25 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 25 se produjo debido a la baja resistencia que presenta el pavimento y una de las causas es en el momento de la construcción del hormigón la utilización de los materiales no fue homogénea es decir no fue uniforme, ya que se utilizó más material fino y sabemos que si eso pasa el material fino absorbe más agua y eso baja la resistencia del pavimento y si el pavimento ya cuenta con esa característica una sobre carga inadecuada sobre el mismo permite una fractura sobre la losa y hace que la losa se divida en varias grietas.

Análisis falla 26

Analizada la falla 26 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 26 se debe por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción de concreto lo que provoca que la losa se fracture en varias partes, también al no tener un espesor de losa adecuada su resistencia del concreto disminuye y provoca una falla en el mismo.

Análisis falla 27

Analizada la falla 27 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 27 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 28

Analizada la falla 28 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 28 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no

de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 29

Analizada la falla 29 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 29 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 30

Analizada la falla 30 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 30 se produjo debido a que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material nuevo que muchas veces no cuenta con las mismas especificaciones técnicas que el material original y eso hace que con el pasar del tiempo esa zona que fue removida con un material no adecuado su nivel de severidad y el área afectada crezca teniendo como consecuencia una mala seguridad vial y comodidad para los habitantes.

Análisis falla 31

Analizada la falla 31 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 31 se produjo debido a que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material nuevo que muchas veces no cuenta con las mismas especificaciones técnicas que el material original y eso hace que con el pasar del tiempo esa zona que fue removida con un material no adecuado su nivel de severidad y el área afectada crezca teniendo como consecuencia una mala seguridad vial y comodidad para los habitantes.

Análisis falla 32

Analizada la falla 32 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 32 se produjo debido a que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material nuevo que muchas veces no cuenta con las mismas especificaciones técnicas que el material original y eso hace que con el pasar del tiempo esa zona que fue removida con un material no adecuado su nivel de severidad y el área afectada crezca teniendo como consecuencia una mala seguridad vial y comodidad para los habitantes.

Análisis falla 33

Analizada la falla 33 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 33 se produjo debido a que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material nuevo que muchas veces no cuenta con las mismas especificaciones técnicas que el material original y eso hace que con el pasar del tiempo esa zona que fue removida con un material no adecuado su nivel de severidad y el área afectada crezca teniendo como consecuencia una mala seguridad vial y comodidad para los habitantes.

Análisis falla 34

Analizada la falla 34 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 34 se produjo debido a que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material nuevo que muchas veces no cuenta con las mismas especificaciones técnicas que el material original y eso hace que con el pasar del tiempo esa zona que fue removida con un material no adecuado su nivel de severidad y el área afectada crezca teniendo como consecuencia una mala seguridad vial y comodidad para los habitantes.

Análisis falla 35

Analizada la falla 35 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 35 se produjo debido a que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material nuevo que muchas veces no cuenta con las mismas especificaciones técnicas que el material original y eso hace que con el pasar del tiempo esa zona que fue removida con un material no adecuado su nivel de severidad y el área afectada crezca teniendo como consecuencia una mala seguridad vial y comodidad para los habitantes.

Análisis falla 36

Analizada la falla 36 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 36 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 37

Analizada la falla 37 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 37 se produjo debido a la contracción del concreto, lo que se debe a la pérdida de agua utilizada para su elaboración, esta contracción del concreto involucra cinco tipos de fenómenos diferentes, los cuales se pueden presentar todos en una estructura, aunque no de manera simultánea, algunos dependen del tiempo, de las características del concreto o de la misma estructura, se presentan los cuatro tipos de contracciones:

Contracción plástica, Las Fisuras por Retracción o Contracción Plástica son una patología propia de los pavimentos rígidos (hidráulicos) y de otras estructuras de concreto, que generalmente resultan antiestéticas, y que a la larga pueden afectar el desempeño de la estructura en su conjunto y disminuir su durabilidad

Contracción autógena, En particular, la retracción autógena es el cambio de volumen que ocurre cuando no se produce transferencia de humedad al ambiente

Contracción térmica inicial, La fisuración por contracción térmica inicial aparece por una excesiva diferencia de temperatura dentro de las estructuras de concreto; debido al equilibrio que tiende a establecerse con el ambiente que las rodea. la diferencia de temperaturas causa que la parte más fría se contraiga más que la parte más caliente.

Contracción de secado, La contracción por secado es un fenómeno del concreto que se produce cuando este pierde agua. Es el encogimiento o deformación tridimensional que experimenta el concreto convencional sano durante el proceso de endurecimiento y secado.

Análisis falla 38

Analizada la falla 38 que presenta esta zona, basándome en los resultados del PCI y en el estudio del mismo se llega al siguiente análisis:

La falla 38 se produjo debido a que el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material nuevo que muchas veces no cuenta con las mismas especificaciones técnicas que el material original y eso hace que con el pasar del tiempo esa zona que fue

removida con un material no adecuado su nivel de severidad y el área afectada crezca teniendo como consecuencia una mala seguridad vial y comodidad para los habitantes.

3.6.11.30 PASO N°30 Diagnóstico Forense.

Diagnóstico sector 1

Evaluada el sector 1 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 1:

- Este sector 1 tiene un área deteriorada de 58,74 m² que afectan a 6 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 1 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,3%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 1 muestra en la parte superficial falla de losa dividida en 22% cuya severidad es media,
- El área deteriorada del sector 1 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 31,43 % considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 1 nos presenta una resistencia de 173,204 Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 1 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.

- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 1 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 1 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 1 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro y no brinda una buena seguridad y comodidad vial.

Diagnóstico sector 2

Evaluada el sector 2 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 2:

- Este sector 2 tiene un área deteriorada de 15,31 m² que afectan a 2 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 2 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,2%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 2 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales 30% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 1 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 49% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.

- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 1 nos presenta una resistencia de 188,487 Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 2 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 1 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 2 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 2 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 3

Evaluada el sector 3 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 3:

- Este sector 3 tiene un área deteriorada de 33,68 m² que afectan a 3 losas de pavimento rígido con fallas visibles.

- El área del sector 3 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,8 %, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 3 muestra en la parte superficial fallas de una losa dividida en 19% cuya severidad es media,
- El área deteriorada del sector 3 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 27% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 3 nos presenta una resistencia de 175,751 Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 3 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 25%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 3 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 3 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 3 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 4

Evaluada el sector 4 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 4:

- Este sector 4 tiene un área deteriorada de 89,25 m² que afectan a 8 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 4 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,3%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 4 muestra en la parte superficial fallas de losa dividida 19% cuya severidad es media,
- El área deteriorada del sector 4 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 28,30% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 4 nos presenta una resistencia de 181,864 Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 4 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 26%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 4 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.

- En el sector 4 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 4 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro y a vez no rinde con una seguridad vial buena ni cómoda para los habitantes de Entre Ríos.

Diagnóstico sector 5

Evaluada el sector 5 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 5:

- Este sector 5 tiene un área deteriorada de 39,47 m² que afectan a 4 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 5 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 5 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en la losa 25% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 1 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 41,50 % considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 5 nos presenta una resistencia de 176,261Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.

- Se evidencia en el sector 5 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 5 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 5 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 5 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 6

Evaluada el sector 6 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 6:

- Este sector 6 tiene un área deteriorada de 78,37 m² que afectan a 7 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 6 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 7,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 6 muestra en la parte superficial fallas de meteorización sobre la losa 28% cuya severidad es alta,

- El área deteriorada del sector 6 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 20,80 % considerada muy mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 6 nos presenta una resistencia de 177,280Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 6 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 6 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 6 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 6 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 7

Evaluada el sector 7 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 7:

- Este sector 7 tiene un área deteriorada de 4,57 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 7 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 7 muestra en la parte superficial fallas de losa dividida en 24% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 7 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 31% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 7 nos presenta una resistencia de 201,732Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 7 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 7 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 1 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.

- Como Diagnostico concluyente para el sector 7 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 8

Evaluada el sector 8 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 8:

- Este sector 8 tiene un área deteriorada de 28,57 m² que afectan a 3 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 8 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 8 muestra en la parte superficial fallas de meteorización sobre la losa en 24% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 8 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 25,26 % considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 8 nos presenta una resistencia de 201,223Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 8 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.

- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 8 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 8 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 8 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 9

Evaluada el sector 9 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 9:

- Este sector 9 tiene un área deteriorada de 39,47 m² que afectan a 4 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 9 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 9 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en 22% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 9 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 41,50 % considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.

- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 9 nos presenta una resistencia de 201,732Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 9 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 9 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 9 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 9 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 10

Evaluada el sector 10 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 10:

- Este sector 10 tiene un área deteriorada de 4,57 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.

- El área del sector 10 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 10 muestra en la parte superficial fallas de losas divididas en 24% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 10 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 31% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 10 nos presenta una resistencia de 252,165Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 10 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 10 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 10 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 10 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 11

Evaluada el sector 11 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 11:

- Este sector 11 tiene un área deteriorada de 15,31 m² que afectan a 2 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 11 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 11 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en 24% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 11 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 49% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 11 nos presenta una resistencia de 248,090Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 11 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 11 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.

- En el sector 11 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 11 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 12

Evaluada el sector 12 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 12:

- Este sector 12 tiene un área deteriorada de 14,98 m² que afectan a 2 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 12 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 7.5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 12 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en 25% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 12 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 48,80% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 12 nos presenta una resistencia de 237,901Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.

- Se evidencia en el sector 12 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 12 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 12 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 12 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 13

Evaluada el sector 13 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 13:

- Este sector 13 tiene un área deteriorada de 39,47 m² que afectan a 4 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 13 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 13 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en 25% cuya severidad es alta,

- El área deteriorada del sector 13 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 41,50% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 13 nos presenta una resistencia de 153,337Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 13 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 13 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 13 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 13 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 14

Evaluada el sector 14 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 14:

- Este sector 14 tiene un área deteriorada de 0,88 m² que afectan a 12 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 14 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 7,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 14 muestra en la parte superficial fallas de hueco en 31% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 14 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 23,80% considerada muy malo, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 14 nos presenta una resistencia de 201,223Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 14 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 14 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 14 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.

- Como Diagnostico concluyente para el sector 14 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 15

Evaluada el sector 15 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 15:

- Este sector 15 tiene un área deteriorada de 39,47 m² que afectan a 4 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 15 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 15 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en 25% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 15 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 41,50% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 15 nos presenta una resistencia de 201,223Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 15 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.

- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 15 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 15 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 15 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 16

Evaluada el sector 16 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 16:

- Este sector 16 tiene un área deteriorada de 0,35 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 16 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 16 muestra en la parte superficial fallas de huecos en 25% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 16 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 23,80 % considerada muy mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.

- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 16 nos presenta una resistencia de 196,638Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 16 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 16 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 16 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 16 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 17

Evaluada el sector 17 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 17:

- Este sector 17 tiene un área deteriorada de 0,62 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.

- El área del sector 17 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 6,5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto 2004.
- El área deteriorada del sector 17 muestra en la parte superficial fallas de huecos en 27% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 17 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 30,80% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 17 nos presenta una resistencia de 189,506Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 17 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 17 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 17 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 17 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 18

Evaluada el sector 18 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 18:

- Este sector 18 tiene un área deteriorada de 77,26 m² que afectan a 7 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 18 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde agosto junio 2004.
- El área deteriorada del sector 18 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en 27% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 18 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 36,70% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 18 nos presenta una resistencia de 1197,198 Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 18 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 18 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 4 %, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.

- En el sector 18 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 18 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 19

Evaluada el sector 19 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 19:

- Este sector 19 tiene un área deteriorada de 58,74 m² que afectan a 6 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 19 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 7,4%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 19 muestra en la parte superficial fallas de losa dividida en 22% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 19 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 30,80% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 19 nos presenta una resistencia de 158,940Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.

- Se evidencia en el sector 19 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 19 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 19 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 19 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 20

Evaluada el sector 20 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 20:

- Este sector 20 tiene un área deteriorada de 28,57 m² que afectan a 3 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 20 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 7,5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 20 muestra en la parte superficial fallas de meteorización en 22% cuya severidad es alta,

- El área deteriorada del sector 20 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 25,26 % considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 20 nos presenta una resistencia de 169,180Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 20 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 20 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 20 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 20 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 21

Evaluada el sector 21 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 21:

- Este sector 21 tiene un área deteriorada de 3,04 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 21 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 21 muestra en la parte superficial fallas de hueco en 17% cuya severidad es baja,
- El área deteriorada del sector 21 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 28,80% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 21 nos presenta una resistencia de 169,536Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 21 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 21 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 21 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.

- Como Diagnostico concluyente para el sector 21 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 22

Evaluada el sector 22 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 22:

- Este sector 22 tiene un área deteriorada de 0.82 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 22 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4.2%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 22 muestra en la parte superficial fallas de hueco en 28% cuya severidad es baja,
- El área deteriorada del sector 22 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 49,50% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 22 nos presenta una resistencia de 169,282 Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 22 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.

- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 22 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 22 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 22 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 23

Evaluada el sector 23 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 23:

- Este sector 23 tiene un área deteriorada de 11,8 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 23 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 23 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales en 16% cuya severidad es media,
- El área deteriorada del sector 23 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 60,50% considerada bueno, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.

- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 23 nos presenta una resistencia de 169,791Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 23 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 23 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 23 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 23 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 24

Evaluada el sector 24 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 24:

- Este sector 24 tiene un área deteriorada de 9,58 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.

- El área del sector 24 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4.3%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 24 muestra en la parte superficial fallas de descascamiento de junta en 22% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 24 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 49% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 24 nos presenta una resistencia de 169,384Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 24 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 24 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 24 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 24 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 25

Evaluada el sector 25 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 25:

- Este sector 25 tiene un área deteriorada de 1.15 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 25 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 25 muestra en la parte superficial fallas de hueco en 19% cuya severidad es media,
- El área deteriorada del sector 25 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 16,80% considerada muy malo, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 25 nos presenta una resistencia de 171,523Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 25 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 1 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.

- En el sector 25 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 25 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 26

Evaluada el sector 26 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 26:

- Este sector 26 tiene un área deteriorada de 17,31 m² que afectan a 2 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 26 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,3%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 26 muestra en la parte superficial fallas de punzonamiento en 34% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 26 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 19% considerada muy malo, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 26 nos presenta una resistencia de 169,485Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.

- Se evidencia en el sector 26 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 26 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 26 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 26 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 27

Evaluada el sector 27 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 27:

- Este sector 27 tiene un área deteriorada de 3,46 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 27 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 27 muestra en la parte superficial fallas de pandeo en 22% cuya severidad es alta.

- El área deteriorada del sector 28 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 20.80% considerada muy malo, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 28 nos presenta una resistencia de 16,353Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 28 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 28 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 28 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 28 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 28

Evaluada el sector 29 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 29:

- Este sector 29 tiene un área deteriorada de 77,26 m² que afectan a 7 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 29 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 29 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales fisuras en 22% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 29 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 36,70% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 29 nos presenta una resistencia de 220,530Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 29 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 29 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 29 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.

- Como Diagnóstico concluyente para el sector 29 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 29

Evaluada el sector 29 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 29:

- Este sector 29 tiene un área deteriorada de 5,71 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 30 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 30 muestra en la parte superficial fallas de descascaramiento de junta en 22% cuya severidad es alta.
- El área deteriorada del sector 30 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 59% considerada bueno, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 30 nos presenta una resistencia de 220,886Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 30 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.

- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 30 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 30 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 30 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 30

Evaluada el sector 30 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 30:

- Este sector 30 tiene un área deteriorada de 3,73 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 30 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 30 muestra en la parte superficial fallas de descascaramiento de junta en 22% cuya severidad es alta.
- El área deteriorada del sector 30 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 59% considerada bueno, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.

- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 30 nos presenta una resistencia de 220,632Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 30 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 30 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 30 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 30 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 31

Evaluada el sector 31 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 31:

- Este sector 31 tiene un área deteriorada de 4,2 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.

- El área del sector 31 deteriorada del pavimento rígido de Entre Rios tiene un promedio de IRI actual de 4,5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 31 muestra en la parte superficial fallas de parche grande en 22% cuya severidad es alta.
- El área deteriorada del sector 31 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 50,80% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 31 nos presenta una resistencia de 245,695Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 31 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 31 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 31 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 31 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 32

Evaluada el sector 32 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 32:

- Este sector 32 tiene un área deteriorada de 4,1 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 32 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4,5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 32 muestra en la parte superficial fallas de parche grande en 22% cuya severidad es alta.
- El área deteriorada del sector 32 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 52% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 32 nos presenta una resistencia de 207,845Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 32 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 32 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.

- En el sector 32 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 32 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 33

Evaluada el sector 33 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 33:

- Este sector 33 tiene un área deteriorada de 4,1 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 33 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,1%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 33 muestra en la parte superficial fallas de parche grande en 22% cuya severidad es alta.
- El área deteriorada del sector 33 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 52% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 33 nos presenta una resistencia de 201,223Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.

- Se evidencia en el sector 33 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 33 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 33 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 33 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 34

Evaluada el sector 34 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 34:

- Este sector 34 tiene un área deteriorada de 4,2 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 34 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4.8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 34 muestra en la parte superficial fallas de parche grande en 22% cuya severidad es alta.

- El área deteriorada del sector 34 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 50,80% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 34 nos presenta una resistencia de 196,128Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 34 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 34 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 34 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 34 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 35

Evaluada el sector 35 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 35:

- Este sector 35 tiene un área deteriorada de 3,33 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 35 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4,4%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 35 muestra en la parte superficial fallas de parche grande fisuras en 22% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 35 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 49% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 35 nos presenta una resistencia de 192,56Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 35 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 35 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 35 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.

- Como Diagnostico concluyente para el sector 35 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro

Diagnostico sector 36

Evaluada el sector 36 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 36:

- Este sector 36 tiene un área deteriorada de 26,61 m² que afectan a 3 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 36 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4,5%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 36 muestra en la parte superficial fallas de grietas lineales y fisuras en 22% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 36 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 40,90% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 36 nos presenta una resistencia de 154,559Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 36 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.

- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 36 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 36 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 36 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 37

Evaluada el sector 37 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 37:

- Este sector 37 tiene un área deteriorada de 77,26 m² que afectan a 7 losas de pavimento rígido con fallas visibles.
- El área del sector 37 deteriorada del pavimento rígido de Entre Rios tiene un promedio de IRI actual de 4,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 37 muestra en la parte superficial fallas de de grietas lineales y fisuras en 22% cuya severidad es alta,
- El área deteriorada del sector 37 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 36,70% considerada mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.

- Evaluada la estructura de la losa del pavimento rígido en este sector 37 nos presenta una resistencia de 181,355Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 37 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 37 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 37 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 37 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

Diagnóstico sector 38

Evaluada el sector 38 de las fallas y deterioros que presenta esa zona, además de los resultados de la evaluación superficial de PCI e IRI realizados y los ensayos de laboratorio de los materiales componentes del pavimento rígido se concluye con lo siguiente en forma particular para el sector 38:

- Este sector 38 tiene un área deteriorada de 3,33 m² que afectan a 1 losas de pavimento rígido con fallas visibles.

- El área del sector 38 deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 4,6%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento desde junio 2004.
- El área deteriorada del sector 38 muestra en la parte superficial fallas de parche grande en 22% cuya severidad es alta.
- El área deteriorada del sector 38 tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 49% considerada regular, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para esta área.
- Evaluada la estructura de la losa de los pavimentos rígido en este sector 38 nos presenta una resistencia de 192,562Kg/cm², que es inferior a la resistencia mínima de diseño, considerando que la consecuencia pueden ser los materiales o la colocación en obra del hormigón ya que se evidencia mayor presencia de material fino y menos grueso que afectara la resistencia.
- Se evidencia en el sector 38 que la presencia de vehículos pesados es mayor al 12%, lo que puede ser causante de incrementar el deterioro en la losa al no tener la resistencia mínima adecuada.
- Las condiciones de los materiales en la estructura en el sector 38 nos muestran a través de los ensayos de laboratorio realizados que la humedad interna esta superior a la admisible en 2%, lo que puede generar deformaciones que luego generen fisuras o grietas en el pavimento rígido.
- En el sector 38 se evalúa que la resistencia admisible representado por el CBR nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- Como Diagnostico concluyente para el sector 38 es que está en malas condiciones y no puede mantenerse en esas condiciones porque se generara permanente incremento del área de deterioro.

3.6.11.31 Paso N°31 Propuestas De Solución A Partir Del Análisis Forense.

SOLUCION FALLA 1.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

- Reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.
- Reparación en todo el espesor.

SOLUCION FALLA 2.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas alternativas:

Mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 3.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.

Reparación en todo el espesor.

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir

la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 4.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

1. Reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.
2. Reparación en todo el espesor.
3. Buena mezcla con productos de calidad.

SOLUCION FALLA 5.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 6.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 7.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.

Reparación en todo el espesor.

SOLUCION FALLA 8.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarla

SOLUCION FALLA 9.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 10.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

1. Reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.
2. Reparación en todo el espesor.

SOLUCION FALLA 11.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 12.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan

grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo.

SOLUCION FALLA 13.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 14.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan

grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 15.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 16.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial

es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarla.

SOLUCION FALLA 17.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Eliminación parcial y reposición de la capa del pavimento existente, incluyendo un eventual reciclado de los materiales.

Sobrecapa aplicada sobre el pavimento existente.

Combinación de los dos tipos anteriores.

Reconstrucción total del pavimento, utilizando materiales nuevos o aprovechando los materiales materiales del pavimento antiguo (reciclado), en este caso los costos se reducen.

SOLUCION FALLA 18.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

Curación adecuada del hormigón.

Para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo.

SOLUCION FALLA 19.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

1. Reemplazando longitudinal y transversalmente toda la zona afectada.
2. Reparación en todo el espesor

SOLUCION FALLA 20.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas.

Eliminación parcial y reposición de la capa del pavimento existente, incluyendo un eventual reciclado de los materiales.

Sobrecapa aplicada sobre el pavimento existente.

Combinación de los dos tipos anteriores.

Reconstrucción total del pavimento, utilizando materiales nuevos o aprovechando los materiales del pavimento antiguo (reciclado), en este caso los costos se reducen.

SOLUCION FALLA 21.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Eliminación parcial y reposición de la capa del pavimento existente, incluyendo un eventual reciclado de los materiales.

Sobrecapa aplicada sobre el pavimento existente.

Combinación de los dos tipos anteriores.

Reconstrucción total del pavimento, utilizando materiales nuevos o aprovechando los materiales del pavimento antiguo (reciclado), en este caso los costos se reducen.

SOLUCION FALLA 22.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Eliminación parcial y reposición de la capa del pavimento existente, incluyendo un eventual reciclado de los materiales.

Sobrecapa aplicada sobre el pavimento existente.

Combinación de los dos tipos anteriores.

Reconstrucción total del pavimento, utilizando materiales nuevos o aprovechando los materiales del pavimento antiguo (reciclado), en este caso los costos se reducen.

SOLUCION FALLA 23.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 24.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan

grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 25.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 26.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo.

SOLUCION FALLA 27.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

SOLUCION FALLA 28.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial

es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 29.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo

SOLUCION FALLA 30.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%,

por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

La importancia del acabado, nuestra recomendación es que distribuyas bien el tiempo haciendo uso de una técnica depurada para llevar a cabo esta etapa tan crucial. Trata de no sobrecargarlo mediante los soldados de cemento, ya que esto produce asentamiento, el agua se filtra y se crea una capa de agua en la superficie. No se recomienda terminarlo en ese estado, ya que el líquido volverá al concreto.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo

SOLUCION FALLA 31.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo.

SOLUCION FALLA 32.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo

SOLUCION FALLA 33.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 34.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

Curación adecuada del hormigón, para evitar que las placas pierdan agua o se sequen de más, lo más recomendable es curar las losas por algunos días. Una vez que se hayan asentado, recurre al método habitual de delimitarlas con mortero y las mantienes húmedas. Una forma efectiva es cubrirlas con tapetes de algodón llenos de agua o rociarlas con un compuesto. La curación dura un mes y lo ideal es que en ese tiempo el concreto no esté sujeto a ningún tipo de carga que pueda agrietarlo.

SOLUCION FALLA 35.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 36.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 37.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

SOLUCION FALLA 38.

Después de haber analizado toda la información referente al estado del pavimento, se procede a determinar el tipo de trabajo que requiere la estructura, para lo cual tenemos las siguientes alternativas:

Contenido de agua en el cemento, mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.

Buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Para el estudio se tiene las siguientes conclusiones:

- 1) Se logró evaluar tanto superficialmente como internamente el pavimento y al lograr hacer el estudio se puede llegar a una conclusión sobre la importancia del mantenimiento y conservación del pavimento, porque de no hacerlo a tiempo estamos corriendo los riesgos de un colapso mayor y pérdidas definitivas del pavimento y eso nos lleva a un costo mucho más elevado ya que si lo hacemos en el tiempo adecuado podemos salvar el pavimento o daños menores
- 2) Podemos ver la relación de nuestra hipótesis planteada desde el inicio de nuestro proyecto que fue en el capítulo I sobre una propuesta de guía forense para pavimentos rígidos en vías urbanas de acuerdo al tiempo de vida útil y volumen de tráfico, nos permitió conocer de manera superficial e interna del porqué del deterioro del pavimento en diferentes puntos críticos, además con la ayuda de los métodos adecuados conocer la clasificación de los materiales utilizados, el estado de los materiales, que tipo de material se utilizó con la finalidad de poder tener un diagnóstico del por qué el deterioro del pavimento para poder tener un análisis para evitar el mismo y plantear soluciones conociendo nuestro problema desde raíz para evitar un mayor daño y plantear medidas correctivas para una comodidad y seguridad de la población.
- 3) Se puede decir que gracias a la técnica interna que se aplicó en nuestro proyecto se pudo llegar a conocer con una mayor profundidad los problemas que sufre nuestro pavimento como en el momento de mezclar el material no fue de manera homogénea es decir en algunos puntos fue más material grueso que fino y viceversa lo que hace que la resistencia del pavimento se reduzca porque al utilizar más material fino absorbe más agua y eso también disminuye la resistencia del pavimento y con agregado grueso nos estamos arriesgando a que el pavimento sufra una rápida fractura lo que provoca las grietas.

- 4) Pudimos concluir que la resistencia del pavimento en la localidad de Entre Ríos que es nuestra zona de estudio es muy baja ya que promedio tenemos una resistencia a compresión de 188, 218 kg/ cm² lo que como guía tenemos “Recomendaciones Constructivas para Pavimento Rígido – IBCH” y nos indica que la resistencia a compresión de un pavimento tiene que estar a 33 MPa lo que es 336,506 kg/ cm² lo que no cumple en la localidad de Entre Ríos con esa recomendación
- 5) Se pudo observar que en muchos casos se ve que se utilizó material inadecuado para el hormigón porque se pudo ver la presencia de cascote de ladrillo triturado o escombros lo que se clasifica como un hormigón pobre lo que justificaría su baja resistencia ya mencionada anteriormente
- 6) El área deteriorada tiene como valor promedio del indicador de estado PCI de 35% y su clasificación mala, razón por la cual se debe buscar soluciones temporales o definitivas para que estas áreas estén en condición de transitabilidad buena y que de esa manera puedan dar seguridad y comodidad vial.
- 7) En cuanto a la resistencia admisible de los materiales representado por el CBR de 95% nos da una densidad seca de 40,1% lo que nos muestran valores admisibles, por lo que se concluye que la capacidad portante de los materiales fue suficiente para resistir las cargas y fueron menos causantes de las fallas.
- 8) El área deteriorada del pavimento rígido de Entre Ríos tiene un promedio de IRI actual de 5,8%, el mismo que consideramos aceptable tomando en consideración los años de vida útil que tiene el pavimento cuya puesta en servicio en su primera fase se inicia en agosto 2004 y la segunda fase en agosto 2013.

4.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se aportan para mediante la Investigación son:

- 1) Se recomienda tener un buen vibrado y compactación del hormigón para su construcción ya que es un punto importante para su resistencia del mismo porque al tener una capa de mezcla uniforme del material estamos contribuyendo con una mejor resistencia.

- 2) Mediante el estudio superficial del pavimento se recomienda utilizar el método PCI (Índice de Condición del Pavimento), debido que para su realización se necesita saber, la cuantificación de cada falla, su nivel de severidad o el daño que presenta, lo que nos aporta datos muy importantes para poder dar un diagnóstico adecuado sobre su mantenimiento o reposición del área afectada de acuerdo a la parte superficial del pavimento.
- 3) Para realizar la obtención de datos de campo, material para los diversos ensayos se tiene que tener en cuenta el tráfico, usar señalizaciones para evitar accidentes.
- 4) Se recomienda apoyarse con el manual de conservación vial del ABC, para evitar puntos críticos más altos en el pavimento o llegar a un colapso mayor y evitar gastos mayores.
- 5) Para el momento de la construcción de la losa se recomienda una buena dilatación de la misma para evitar retracción de los materiales y así también fisuras en la superficie.
- 6) Se recomienda uniformidad en los materiales utilizados para cuidar la resistencia del concreto porque de no cumplir con eso y utilizar más fino estamos bajando la resistencia y en si el tiempo de vida útil del mismo.
- 7) Se recomienda al momento de la construcción del concreto un buen vibrado para que mejorar considerablemente la resistencia y durabilidad del concreto.
- 8) Se recomienda trabajar con el contenido de agua en el cemento, porque mientras más baja sea la tasa de contenido de agua, más fuerte será el concreto. Durante el fraguado, esta proporción no debe exceder el 0.5%, por lo que la aplicación de un plastificante te permitirá trabajarlo mejor. Lo esencial es reducir la cantidad de humedad para que la contracción no afecte tanto la integridad de los bloques o losas.
- 9) Se recomienda una buena mezcla con productos de calidad, para garantizar menos fisuras, la mezcla debe estar balanceada. Los agregados optimizados que son duros, densos y de buen tamaño eliminan la posibilidad de contracción. Por el contrario, los aditivos malos provocan grietas con más facilidad. Intenta evitar

elementos adicionales para la mezcla como aceleradores o agregados sucios que exigen más agua.