



**UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES CHIMBOTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN  
(DEMI)**

**TÍTULO:**

**DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL NIVEL DE INCIDENCIA DE  
LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO EN LAS CALLES DE LA CAPITAL  
DEL DISTRITO DE SONDORILLO, PROVINCIA DE HUANCABAMBA,  
DEPARTAMENTO DE PIURA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:  
Br. ALEX ANTONIO NEIRA JARAMILLO**

**ASESOR:  
Mg. JUAN ASALDE VIVES**

**PIURA – PERÚ  
2015**

**JURADO EVALUADOR DE TESIS**

---

Mg. MIGUEL ÁNGEL CHAN HEREDIA  
PRESIDENTE

---

Ing. WILMER OSWALDO CÓRDOVACÓRDOVA  
SECRETARIO

---

Ing. GILBERTO REGULO SÁNCHEZ GAMARRA  
MIEMBRO

---

Mg. JUAN ASALDE VIVES  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Al Señor Todopoderoso por darme fuerza, voluntad de inteligencia en mí carrera profesional para idealizar, direccionar y cristalizar mis ideales.

A mi madre por sus bendiciones y oraciones.

A mi padre, abuelo y abuelita que desde el cielo me encaminan hacia el bien personal y social.

A mis hermanos por su aliento y a todos quienes con su dedicación y sacrificio hicieron posible el anhelo de ser profesional durante mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Católica Los Ángeles Chimbote Filial Piura.  
A todos los catedráticos que incidieron en mi formación. A mi asesor de tesis el Ing. Juan Asalde Vives, al Jurado Calificador liderado por el Ing. Miguel Ángel Chang Heredia, PRESIDENTE, Ing. Gilberto Regulo Sánchez Gamarra, MIEMBRO y al Ing. Wilmer Oswaldo Córdova Córdova, SECRETARIO.

A toda mi familia, amigos y la Municipalidad Distrital de Sondorillo por permitir desarrollar y amplificar mis conocimientos teóricos prácticos, siendo útil para el desarrollo de esta tesis.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación es inquirir el tipo de patologías del concreto y los niveles de incidencia mediante un diagnóstico visual en las calles 05 de Mayo, Progreso y San Juan de la capital del Distrito de Sondorillo, provincia de Huancabamba, haciendo uso del método de evaluación del PCI, criterio y parámetros técnicos de la Norma ASTM 5340-98, el cual se pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura del pavimento rígido, con un trabajo de campo, en el cual se realizó recorriendo las calles antes mencionadas, anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos rígidos, después del levantamiento de información, se realiza el trabajo en gabinete con el cálculo final de PCI (cálculo en Excel – fuente informativa ULADECH).

La presente investigación puntualiza los siguientes resultados: El agrietamiento vertical y horizontal predomina en cuanto a otras patologías con el 40%, seguido el agrietamiento lineal (grietas lineales) con el 30%, en el tercer lugar los componentes patologías (pulimento de agregados, craquelado y descascamiento en la esquina) con el 10% cada una respectivamente.

El presente trabajo se realizó con mucho entusiasmo y dedicación, esperamos que sirva como material de consulta a estudiantes de pregrado.

**Palabras clave:** Patologías en concreto simple, determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías, patologías.

## ABSTRACT

The objective of this research is to inquire the type of pathologies of concrete and incidence levels by visual diagnosis in the streets on May 5, Progreso and San Juan of the capital of Sondorillo District, province of Huancabamba, using the PCI assessment method, criteria and technical parameters of ASTM 5340-98, which seeks to determine the current condition of the structure and tread the hard pavement, with fieldwork, in which he made touring the above streets, noting the localized failures and determining the severity thereof, using measuring instruments and the catalog of failures for rigid pavements, after gathering information, work in cabinet is done with the final calculation of PCI (calculation in Excel - ULADECH information source).

This research points out the following results: The vertical and horizontal cracking predominates in terms of other diseases with 40%, followed by the linear cracking (linear cracks) with 30%, in the third place pathologies components (polish aggregates, crackle and spalling on the corner) with 10% each respectively.

This work was done with enthusiasm and dedication, we hope to serve as reference material undergraduates.

**Keywords:** Pathologies simple in particular, determination and assessment of the level of incidence of pathologies, pathologies

# ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

Jurado Evaluador de Tesis	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Resumen	v
Abstract	vii
Índice de Contenidos	ix
Índice de Gráficos	x
Índice de Cuadros	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. Revisión literaria	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales	8
2.2. Bases teóricas de la muestra	11
2.2.1. Pavimentos	11
2.2.2. Pavimentos de concreto rígido	12
2.2.2.1. Factores que influyen en la performance de los pavimentos	13
2.2.2.2. Tipos de PCR	14
2.2.2.3. Elección de tipo de pavimento	20
2.2.2.4. Variables de diseño	20
2.2.2.5. Diseño de losa	28
2.2.2.6. Deformaciones y esfuerzos inducidos	31
2.2.2.7. Especificaciones Técnicas	33
2.2.3. Patologías del concreto (aspectos generales)	35
2.2.3.1. Patología	35
2.2.3.2. Determinación de las unidades de muestreo Para evaluación	36
2.2.3.3. Selección de las unidades de muestreo para Inspección	37
2.2.3.4. Selección de unidades de muestreo adicionales	38

2.2.3.5.	Evaluación de la condición	38
2.2.3.6.	Cálculo de PCI de las Unidades de muestreo	40
2.2.3.7.	Cálculo del PCI para pavimentos con capas de rodadura en concreto de cemento Portland aplicación de la norma ASTMd5340	40
2.2.3.8.	Cálculo del PCI de una sección de Pavimento	42
2.2.4.	Manual de daños	43
2.2.4.1.	Calidad de tránsito (ride quality)	43
2.2.4.2.	Descripción de los daños grieta de esquina	44
III.	Metodología	51
3.1.	Tipo y nivel de la muestra	51
3.1.1	Tipo de la Investigación	52
3.1.2	Nivel de la Investigación	52
3.2.	Diseño de investigación	52
3.3.	Universo, población y muestra	53
3.4.	Técnicas e instrumentos	53
IV.	Resultados	55
4.1.	Dos del cálculo parcial de las calles 05 de mayo, calle progreso y calle San Juan	55
4.1.1.	Resultados después de la evaluación	67
4.2.	Análisis de resultado	67
V.	Conclusiones	70
5.1.	Aspectos complementarios	71
5.1.1.	Recomendaciones	73
5.2.	Referencias Bibliográficas	74
5.3.	Anexos	75
5.3.1	Fotografías de algunas fallas típicas	74
5.3.2	Plano del lugar de Estudio dela presente tesis Distrito de Sondorillo Provincia de Huancabamba Región Piura	79

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS, CUADROS Y PLANOS**

### **GRÁFICOS**

Gráfico N°01: Sección de un Pavimento de Concreto Rígido	12
--	----

Gráfico N°02: Pavimento de C° Rígido Simple	15
Gráfico N°03: Pavimento de C° Rígido Simple	16
Gráfico N°04: Pavimento de C° con refuerzo de A° no E.	17
Gráfico N°05: Pavimento de C° Rígido S. con refuerzo de A°E.	18
Gráfico N°06: Pavimento de C° Rígido S. con refuerzo continuo	19
Gráfico N°07: Correlación entre el Módulo de Rotura	23
Gráfico N°08: Tipos de Vehículos según el número de ruedas	24
Gráfico N°09: Espesor de losa de un pavimento Rígido	27
Gráfico N°10: Espesor de losa Método AASHTO	27
Gráfico N°11: Diagrama de fórmulas para PCR	29
Gráfico N°12: Diagrama de Sec. Lógica de Elaboración E.T	34
Gráfico N°13: Fotografía de grietas longitudinales y transv.	74
Gráfico N°14: Fotografía de grietas lineales de alta severidad	75
Gráfico N°15: Fotografía de pulimento de agregados	76
Gráfico N°16: Fotografía descaramiento, mapa de grietas	77
Gráfico N°17: Fotografía que muestra descascamiento	78

## **CUADROS**

Cuadro N°01: Cuadro comparativo de las vías afirm. y no Afirm	1
Cuadro N°02: Cuadro de evaluación de la calle San Juan	55
Cuadro N°03: Cuadro de evaluación de la calle San Juan VRC	56
Cuadro N°04: Cuadro de evaluación de la calle San Juan PCI	57
Cuadro N°05: Cuadro de evaluación de la calle progreso	58
Cuadro N°06: Cuadro de evaluación de la calle progreso VRC	59
Cuadro N°07: Cuadro de evaluación de la calle progreso PCI	60
Cuadro N°08: Cuadro de evaluación de la calle 05 de Mayo	61
Cuadro N°09: Cuadro de Eva. De la calle 05 de Mayo VRC	62
Cuadro N°10: Cuadro de Eva. De la calle 05 de Mayo PCI	63
Cuadro N°11: Cuadro de evaluación general de calles	64
Cuadro N°12: Cuadro de evaluación general de calles CRV	65
Cuadro N°13: Cuadro de evaluación general de calles PCI	66
Cuadro N°14: Índice de condición del pavimento	68
Cuadro N°15: Rango de clasificación del PCI	69

## **PLANOS**

Plano que muestra las calles de estudio de la Presente Tesis

79

## I. INTRODUCCIÓN

Existe la decisión política del Estado Peruano de promover el desarrollo de la red vial en todo el litoral Peruano, ya que en la actualidad se cuenta con una longitud de 78,200 km, de los cuales 68,790 km (87%) son caminos no pavimentados, caminos que históricamente se mantienen a través de la ejecución de carpetas de rodadura granulada (nivel de afirmado).

<b>Carreteras</b>	<b>Km</b>
A Nivel de Afirmado	12,690
Sin Afirmar	56,100
Total km de Superficie descubierta	68,790

**Cuadro N°01** : Cuadro comparativo de las vías afirmadas y no Afirmadas.

**Fuente** : Propia.

La tarea del pasado era construir la Red de Caminos; la tarea de hoyes conservar esta Red y adaptarla a las necesidades de los usuarios. Uno de los objetivos primordiales de los organismos encargados de planificar y/o ejecutar obras, concernientes al mejoramiento y conservación de la red vial con superficies de rodadura a nivel pavimentos rígidos, debería ser básicamente mejorar la superficie de rodadura de estos caminos a través de la ejecución de soluciones innovadoras, que beneficien a zonas de alto impacto social y productivo, siendo además estas soluciones de bajo costo si se compara con las obras de mantenimiento periódico tradicionales.

Según estudios realizados por la Comisión Económica para América Latina, las redes camineras están hoy en peores condiciones que hace cinco años. Los organismos encargados de la administración de caminos, en su gran mayoría, siguen trabajando en forma ineficiente y burocrática, y los fondos asignados al mantenimiento vial son manifiestamente insuficientes.

Según investigaciones del Banco Mundial, el enorme perjuicio en las redes viales proviene del hecho que cada dólar que no se gasta oportunamente en conservación se traduce en tres dólares en obras de rehabilitación y construcción.

Como ya se mencionó el 88% de nuestros caminos cuentan con una superficie de rodadura granular (afirmado), los cuales por situaciones presupuestales o bajo volumen de tránsito actual no tienen asegurada su pavimentación a corto o a mediano plazo.

Generalmente estos caminos son atendidos por las Municipales de todo el litoral peruano que con sus escasos recursos tratan de avanzar aperturando, rehabilitando sus caminos, por lo que muchas veces, en corto tiempo se disgregan, trayendo consigo una serie de consecuencias negativas, además de la inversión mal aplicada.

Para llegar a la zona de estudio se tomó como referencia la ciudad de Piura; desde la cual se inicia el trayecto a través de la carretera conocida como la antigua Panamericana hasta el Km. 65.00 (ubicado a una hora de Piura), para luego continuar por una trocha carrozable que nos conduce a la ciudad de Huancabamba ubicada a 214km de la ciudad de Piura, distancia que es recorrida en un tiempo promedio de 07 horas, para luego constituirse a la capital del Distrito de Sondorillo ubicado a 17 km de Huancabamba, mediante una trocha carrozable afirmada en un tiempo promedio de 30 minutos; lugar donde se desarrollara la investigación para esta tesis.

El distrito de Sondorillo posee un clima variado e incomparable, es decir con temperaturas bastante cambiantes con un promedio anual de 10°C, con un régimen de lluvias con mayor intensidad en los meses de diciembre a mayo y con un periodo menos intenso entre los meses de

junio a noviembre además el sistema hidrológico es significativo en tiempos de lluvia, la topografía es bastante accidentada y con una diversidad de tipos.

Siendo el clima, la temperatura y los tipos de suelos un factor incidente dentro de las patologías para las construcciones con concreto, se propone a través del presente trabajo de investigación, determinar un índice de condición de pavimento de concreto hidráulico, el mismo que permitirá emitir una opinión técnica individual respecto a su servicialidad en los pavimentos de las calles de la capital del distrito de Sondorillo<sup>(1)</sup>

En este sentido, el presente trabajo se desarrolló aplicando la metodología del PCI (Índice de Condición de Pavimento), para determinar un valor( de 0 a 100), el mismo que indica su estado. La metodología de trabajo fue del tipo evaluativo visual (in situ) y a través de un formato de evaluación.

Para el presente trabajo, por ser pavimentos que no han sido diseñados por tráfico, se tomaron en cuenta patologías que se desprenden de factores como son calidad de agregados, procedimiento constructivo, efecto temperatura y que son grietas, descascaramientos, desconchamientos, alabeos.

En este trabajo se analizó la causa del daño, severidad del mismo y cantidad o densidad del mismo de las calles 05 de Mayo, Progreso y San Juan del distrito de Sondorillo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes:

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

- a) COURT AVENUE, donde la historia del pavimento con concreto comienza Ruiz Islas, Patricia<sup>(2)</sup>; Comenta que la función de las calles no solamente se limitó, en un principio, a facilitar la circulación de animales, bienes y personas. Podría decirse que, con la aparición de las primeras calles, la idea del núcleo urbano plenamente organizado y activo, casi como se conoce hoy en día, comenzó a tomar forma de manera más concreta. Porque no se trataba, simplemente, de dividirlos espacios: más bien, se habla de que el ser humano comenzó a cobrar conciencia- si bien de una forma primitiva de que es necesario implementar ordenen el movimiento y organizarlos espacios. La calle, entonces, podría tomarse como un primer paso hacia la civilización como tal, al tratarse de una incidencia netamente humana en el entorno, pensada para la actividad humana y hecha para seres humanos.

Si se ha de entender el término “civilización” como mejora o progreso, puede decirse entonces, con poco lugar a equivocarse, que es o era justamente lo que George W. Bartholomew<sup>(3)</sup> estaba pensando cuando la mayor parte de su actividad cerebrial ocupaba el idear una forma o un material que permitiera pavimentar las calles más uniformemente y de manera más durable. Su objetivo era comenzar a experimentar con la materia prima local de la que había en abundancia y, se dice, de excelente calidad para el propósito, con canteras de calizacas ipura y grandes yacimientos de arcilla para producir “piedra artificial”; esto es, concreto. Ahora bien:

una de las bases del concreto, el cemento Portland, llevaba produciéndose unos buenos cincuenta años para el momento en el que Bartholomew empezó a realizar sus experimentos.

Cuando Bartholomew empezó su periplo, ya habían pasado al menos sesenta años desde que la producción de cemento hidráulico, base de la producción de concreto, había comenzado gracias a los descubrimientos hechos por el ingeniero Canvass White.<sup>(4)</sup> Lo que White descubrió fue un depósito de roca de donde era posible extraer una mezcla, casi precisa y exacta, de cemento hidráulico, que precisaba de muy poco proceso posterior. Para 1871, y a la técnica gozaba de un refinamiento incomparable. Las bases para la innovación de Bartholomew, entonces, estaban ya más que sentadas, si bien es cierto que el concreto no se había utilizado, ni se había pensado en hacerlo, para otros fines que no fueran los de la construcción.

Hay que entender que, antes del pavimento, el estado de las calles dependía de los caprichos del clima: si llovía, las vialidades se convertían en lodazales por los que el circular se volvía muy complicado. Y si, por el contrario, el ambiente era seco, las calles se tornaban superficies duras, áridas, donde el polvo se levantaba con el mínimo contacto de los pies. El concreto del señor Bartholomew, entonces proporcionaba una solución que a los comerciantes les pareció fabulosa a primera vista, porque también debe entenderse que la calle no solo cumple con funciones de movilidad, sino también sociales y hasta económicas. Fueron los comerciantes

Quienes, por así decirlo, cabildearon con las autoridades para solicitar que se pavimentara la plaza en su totalidad y para extender el recubrimiento por todo Court Avenue. Y no sólo fue un éxito con los comerciantes: el pavimento se consideró tan innovador que ganó el primer lugar a la tecnología de la pavimentación en la Exposición Internacional de Chicago de 1893.

Para 1893, el pavimento de concreto en Ohio era una realidad .Y, como a los descubrimientos e invenciones les sigue la aparición de nuevas profesiones, se vio igualmente el surgimiento del primer contratista para obras de pavimentación de concreto: William G. Snyder<sup>(5)</sup> fue quien se encargó de continuar con la pavimentación de Main Street tres años después del exitoso primer experimento de Bartholomew, esto es, en 1894.

Con el paso de los años aparecieron nuevas exigencias en cuanto a materiales de pavimentación, generadas por las distintas necesidades de los usuarios. De tal suerte, se mejoraron los materiales y las técnicas se refinaron hasta el punto de que, hoy en día, es imposible pensar en una población que se diga civilizada y que no cuente con un pavimento reconocible como tal. A su vez, las aceras no solo proporcionan seguridad alvi andante: son también, algunas de ellas, espacios de socialización, de esparcimiento y de actividad económica, no siempre formal, desde luego, pero actividad a fin de cuentas. Gracias a George W. Bartholomew se descubrió el enorme potencial de las calles como ejes de la actividad humana y, además, como dijera el alcalde de Belle Fontaine, William S. Meyer en 1976, durante una ceremonia para designar a Court Avenu como un hito en la ingeniería civil, la llegada del concreto a las aceras pavimentó, literalmente, el camino a las modernas y extensísimas redes carreteras con que se cuenta en la actualidad.

Si bien es cierto que los pavimentos no dejan de tener problemas, de originarlos o de ser parte de ellos, ni duda cabe que su función de hacer la vida un poco más sencilla, en tanto la convivencia entre seres humanos en los grandes núcleos urbanos se complica, no deja de cumplirse hasta cierto punto. George W. Bartholome quizás no dejaría de sentirse un poco horrorizado al ver en qué se han convertido las calles en la actualidad, aunque su espanto quizás disminuiría y se convertiría en satisfacción al ver que su idea sirve a tanta gente aunque tal vez esa haya sido su visión desde el principio.

- b) Construcción de pavimentos de concreto con cemento Portland (Pavimento rígido) Kohn Starr y Tayabji Shiraz<sup>(6)</sup> Informan que el primer pavimento de concreto, se construyó durante 1927y 1928 en Dearborn, estado de Michigan. Desde entonces, los pavimentos de concreto se han utilizado ampliamente para construir pistas, calles de rodaje y plataformas de estacionamiento. Los procedimientos de diseño y construcción empleados en pavimentos han evolucionado con la experiencia, la práctica, las pruebas de campo y la aplicación de las consideraciones teóricas.

El desempeño deseable de un pavimento de concreto puede obtenerse al asegurarse de que se minimicen los casos de deterioro que pueden desarrollarse los deterioros que pueden desarrollarse en pavimentos de concreto rígidos incluyen los siguientes:

- ✓ Fisuración (en esquinas, longitudinal, transversal, relacionada con la durabilidad o los materiales).
- ✓ Relacionados con las juntas (desprendimiento, bombeo, daños en el sellado de juntas).
- ✓ Defectos en la superficie (descascarado, protuberancia, fisuración en bloque). Para minimizar el desarrollo de deterioros en el pavimento de concreto rígido se debe:
  - ❖ Efectuar la terminación correcta a la superficie del concreto.
  - ❖ Mantener el Seleccionar el espesor adecuado de pavimento.
  - ❖ Proporcionar un adecuado soporte fundacional que incluya una base no Erosionable y con drenaje libre.
  - ❖ Efectuar una adecuada distribución e instalación de las juntas

- ❖ Diseñar e instalar una adecuada transferencia de carga en las Juntas.
- ❖ Seleccionar componentes apropiados para el concreto
- ❖ Proporcionar un sellador de juntas en buenas condiciones

Otro aspecto importante en la construcción de pavimentos de concreto es minimizar la probabilidad de deterioro temprano, que en general ocurre como fisuración y desprendimiento.

Esto se logra mediante el uso de principios de diseño sólidos y mediante la implementación de técnicas constructivas adecuadas

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

#### a) El pavimento de Concreto

Gonzales de la Cotera, Manuel<sup>(7)</sup>; comenta que en el Perú el pavimento de concreto se introduce con el proceso de urbanización en la década del 20', las calzadas de las avenidas Alfonso Ugarte y las urbanizaciones de Santa Beatriz y Lobaton, entre otras, fueron construidas con las técnicas más avanzadas de la época, de igual manera se ejecutaron dos importantes carreteras, obra emblemática de concreto en el país y el tramo de Chosica de la carretera Central. La expansión de la ciudad, en los inicios del 50 y posteriormente en la década del 60' se efectuó con pavimentos de concreto. Sin embargo, actualmente este ha perdido posición en el país, afectando la calidad de los sistemas viales.

b) Ventajas comparativas del pavimento de concreto

Constructora FANIA SAC<sup>(8)</sup>; asevera que en la actualidad es competitivo considerar el costo inicial de la construcción, el desarrollo tecnológico en la producción, la colocación y terminado del pavimento, su gran capacidad de absorción de incrementos de carga, producidos por el constante aumento del volumen del tráfico y del peso de los ejes de los vehículos. Su adecuación a lugares donde la administración no es históricamente propensa a realizar trabajos sistemáticos de conservación; debido a la diminuta exigencia de mantenimiento del concreto y la baja inversión en este rubro.

La vida útil que se puede considerar en el diseño es de 60 años, muy superior a las otras opciones. La construcción puede realizarse sin condicionamientos, en cualquier lugar. En obras importantes o urbanas, es posible utilizar concreto premezclado y en trabajos menores con equipo que generalmente se encuentra disponibles en empresas de diferente magnitud, utilizando mano de obra no especializada y materiales locales o fácilmente disponibles. Recoge un constante desarrollo tecnológico, tanto en el diseño como en la aplicación, en una amplia gama de concretos, como los tipos M compactado con rodillos, de alta performance, porosos, con fibras, fastrack, etc. Las condiciones de seguridad se incrementan por la mejor reflexión de luz, que facilita la visión; y por la textura superficial, que mejora la atracción entre las llantas M vehículo y el pavimento. El concreto permite lograr una superficie de rodamiento con alto grado de planicidad y por su rigidez esta superficie permanece plana durante toda su vida útil, evitándolas deformaciones que disminuyen el área de contacto entre

llanta y pavimento. Los pavimentos de concreto pueden ser contruidos con altos índices de servicio, por su grado de seguridad, adicionalmente se puede dar al pavimento una superficie altamente antiderrapante. La utilización de conectores permite mantener estos índices de servicio, evitando la presencia de escalonamientos en las losas, sobretodo entramos donde el tráfico es más pesado. Para un mismo nivel de iluminación el concreto requiere menor inversión en equipos y menor consumo de energíá. El pavimento de concreto en los costos de operación son menores y en especial se obtienen un considerable, ahorro de combustibles en los vehículos en tránsito el diminuto mantenimiento que requiere, lo privilegia en vías urbanas y aquellas de alto tránsito, por evitar las congestiones vehiculares ocasionadas por reparaciones. Es indicado, en intersecciones, playas de estacionamiento y áreas en que los vehículos realizan frenadas, aceleraciones y giros, por su apropiada estabilidad.

- El menor espesor del pavimento de concreto, incluyendo la sub-base significa la disminución de volúmenes de excavación. En la rehabilitación de Pavimentos urbanos antiguos, es favorable por no alterar los servicios existentes, por el espesor de la estructura.
- Puede construirse en situaciones favorables directamente sobre la sub rasante.
- El concreto es inmune a la acción del aceite, gasolina y grasa, derivadas del accionar de los vehículos.
- Los procedimientos de construcción no contaminan el ambiente urbano, como sucede con los asfálticos en caliente.
- El pavimento de concreto tiene un amplio valor residual al término de su vida útil, posibilitando su fácil reforzamiento. Eventualmente puede reciclarse el

material.

- Finalmente, es bien conocida la contribución del concreto de ahorro energético, en cuanto sus componentes tienen bajo consumo de combustible fósil.

## **2.2 Bases teóricas de la investigación**

### **2.2.1 Pavimentos**

De acuerdo con Mora <sup>(9)</sup> la estructura simple o compuesta que tiene una superficie regularmente alisada destinada a la circulación de personas, animales y/o vehículos.

Su estructura es una combinación de cimiento, firme y revestimiento, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

#### **Material Resistente**

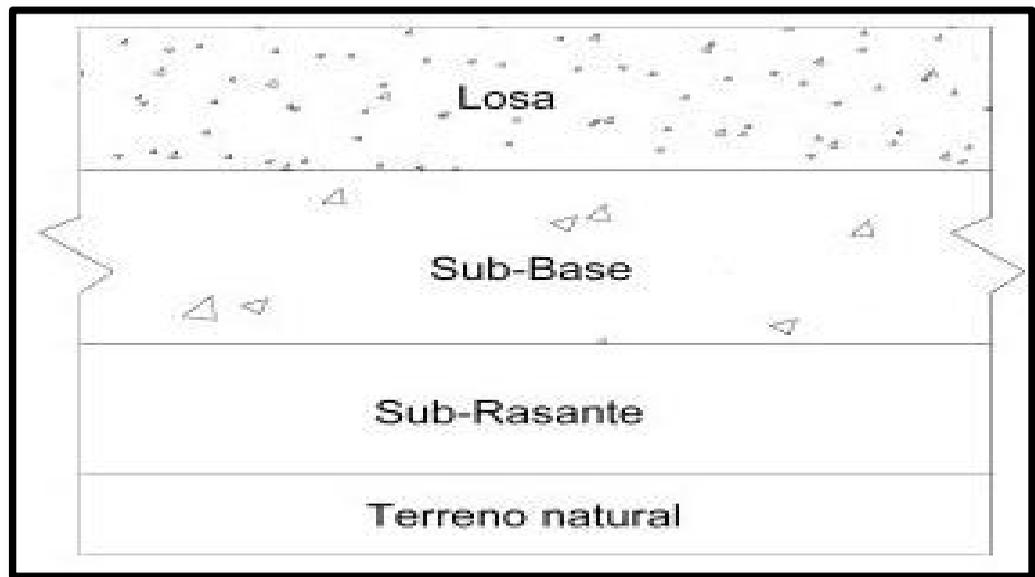
Material inerte, resistente a los esfuerzos que se producen en la estructura, generalmente constituido por piedra o constitutivos de ella (piedra partida, arena o polvo de piedra).

#### **Material Ligante**

Material de liga, que relaciona entre sí a los elementos resistentes proporcionándoles la necesaria extensión.

Casi siempre es un constitutivo del suelo, como la arcilla, o un aglutinante por reacción química, como la cal o el cemento; o en su defecto, un material bituminoso. Se le denomina material aglutinante.

## SECCIÓN DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO



**Gráfico N°01:** Sección de un Pavimento de Concreto Rígido

**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

### **2.2.2 Pavimentos de Concreto Rígido**

Según el mismo investigador Mora<sup>(10)</sup>, entre las características del pavimento de concreto rígido, podemos mencionar las siguientes: Además de cumplir con resistir los esfuerzos normales y tangenciales transmitidos por los neumáticos y su constitución estructural, bien construida (Gran Resistencia a la Flexo-Tracción, ala Fatiga y elevado Modulo de Elasticidad), debe tener el espesor suficiente que permita introducir en los casos más desfavorables solo de presiones débiles a nivel del suelo del terreno de fundación y cada nivel estructural apto para resistirlos esfuerzos a los que está sometido. Debe cumplir con satisfacer también las características principales del pavimento de concreto hidráulico.

### **2.2.2.1 Factores que influyen en la performance de los pavimentos**

Entre los factores que influyen en la performance de los pavimentos podemos mencionar los siguientes: Tráfico, clima, Geometría del Proyecto (Diseño Vial), Posición de la estructura y la Construcción y Mantenimiento.

#### **Tráfico**

Este factor comprende los siguientes elementos:

- ❖ Carga bruta y presión de llanta.
- ❖ Propiedades del terreno de fundación y materiales del pavimento.
- ❖ Repetición de carga.
- ❖ Radio de influencia de carga.
- ❖ Velocidad.
- ❖ Eje y configuración de rueda.

#### **Clima**

Entre los elementos que comprende este factor mencionamos los siguientes:

- ❖ Precipitación pluvial (Aqua planning).
- ❖ Congelamiento-deshielo y húmedo-seco.
- ❖ Expansión por congelamiento.
- ❖ Deshielo del inicio de primavera.
- ❖ Contracción y expansión.

#### **Geometría del proyecto (diseño vial)**

Este factor comprende un único componente:

- ❖ Distribución del Tráfico en el Pavimento.

### **Posición de la estructura**

Entre los componentes de este factor tenemos:

- ❖ Secciones de corte y relleno.
- ❖ Profundidad del Nivel Freático.
- ❖ Deslizamientos y problemas relacionados.
- ❖ Depósitos ligeramente profundos.

### **Construcción y Mantenimiento**

Este factor involucra los siguientes elementos:

- ❖ Deficiencia en la Compactación del Terreno de Fundación y/o Cimiento.
- ❖ Fallas: Instalación y Mantenimiento de Juntas.
- ❖ Inadecuada colocación de Guías en los niveles (Mandiles o Reglas Metálicas).
- ❖ Escarificado y eliminación de materiales superiores al especificado.
- ❖ Durabilidad del Agregado (Árido) Partido (Fracturado).

## **2.2.2.2 Tipos de PCR**

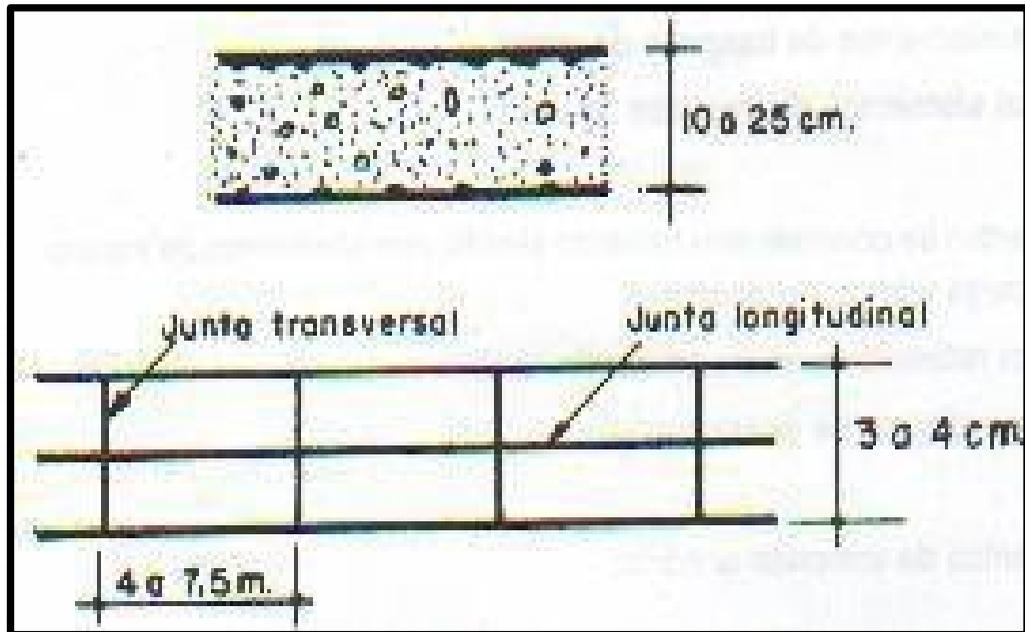
### **a) Pavimentos de Concreto Rígido Simple (PCRS)**

#### **1. PCRS (Pavimentos de Concreto Rígido Simple)**

El concreto asume y resiste las tensiones producidas por el tránsito y la variación de la temperatura y humedad.

1.a) Sin elementos de Transferencia de Carga.

**PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO SIMPLE SIN  
ELEMENTO DE TRANSFERENCIA**



**Gráfico N°02** : Pavimento de Concreto Rígido Simple sin elemento de transferencia de carga.

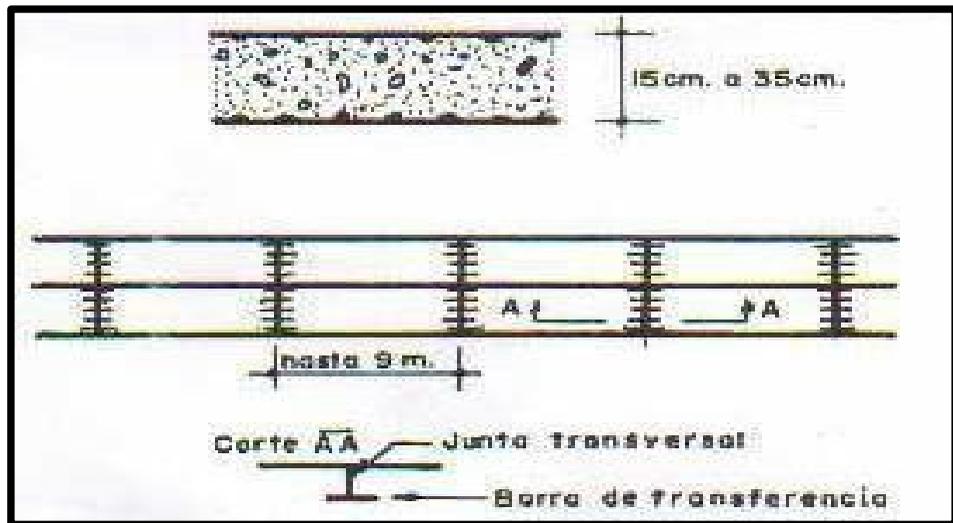
**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión Y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú2010.

Aplicación: Tráfico ligero, clima templado y se apoya sobre la sub-rasante, en condiciones severas requiere del cemento granular y/o tratado, para aumentar la capacidad de soporte mejorar la transmisión de carga.

**1.b) Con elementos de transferencia de carga o pasadores:**

Pequeñas barras de acero, que se colocan en la sección transversal, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando las condiciones de deformación en las juntas, evitando los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamiento).  
Aplicación: Tráfico mayor de 500 Ejes Eq. De 18Kips.

**PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO**

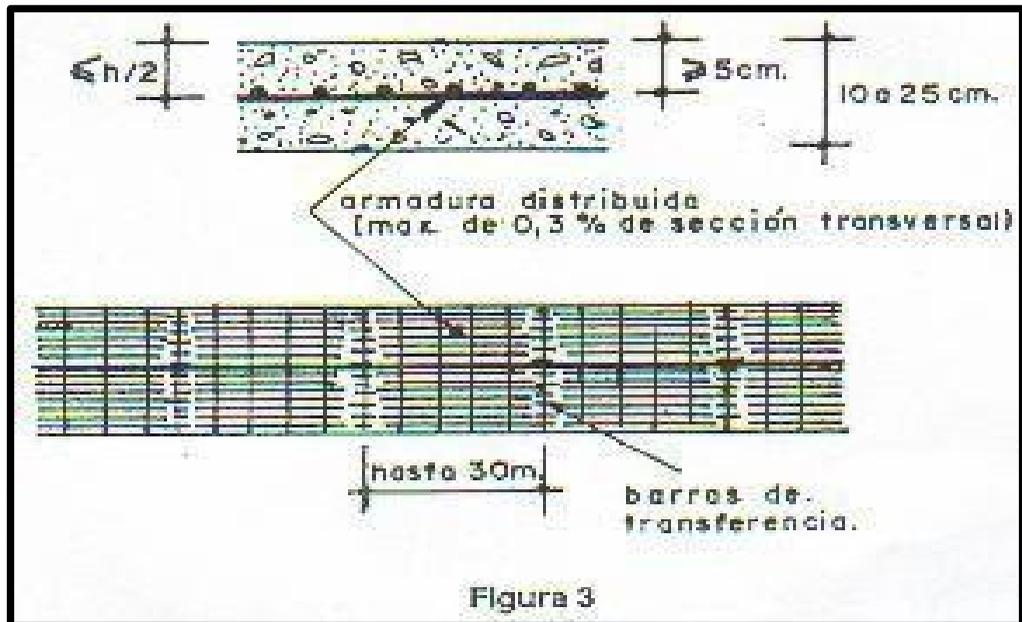


**Gráfico N° 03** : Pavimento de Concreto Rígido Simple con elemento de transferencia de Carga.

**Fuente** : III Seminario Nacional de Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

## 2.- PCR RA (Pavimentos de Concreto con Refuerzo de Acero)

### 2.a) PCR RA no Estructural

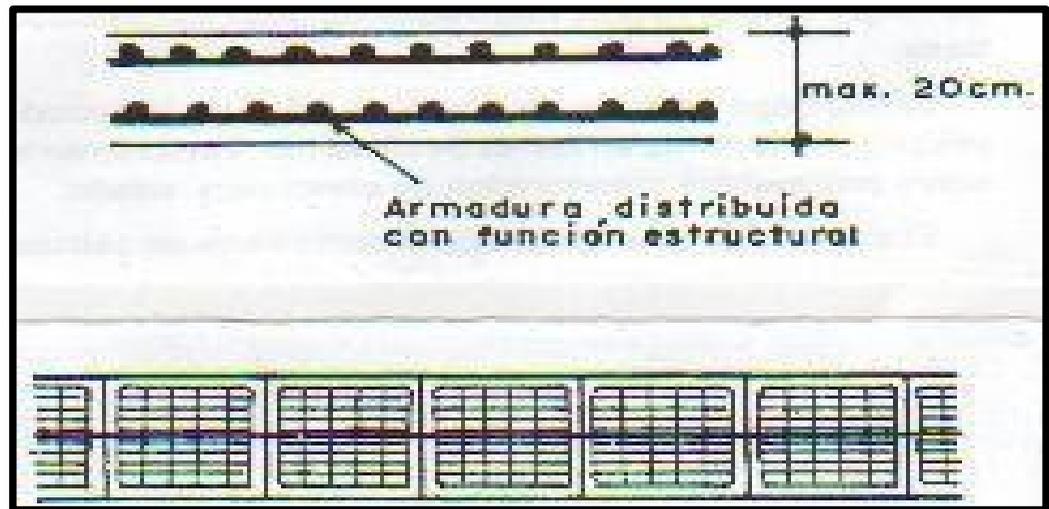


**Gráfico N° 04** : Pavimento de concreto con refuerzo de acero no estructural.

**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

El refuerzo no cumple función estructural, su finalidad es resistir las tensiones de contracción del concreto en estado joven y controlar los agrietamientos. Tienen el refuerzo de acero en el tercio superior de la sección transversal a no menos de  $5\text{cm.}$  Bajo la superficie. La sección máx. De acero es de  $0,3\%$  de la sección transversal del Pavimento.

## 2.b) PCR RA Estructural



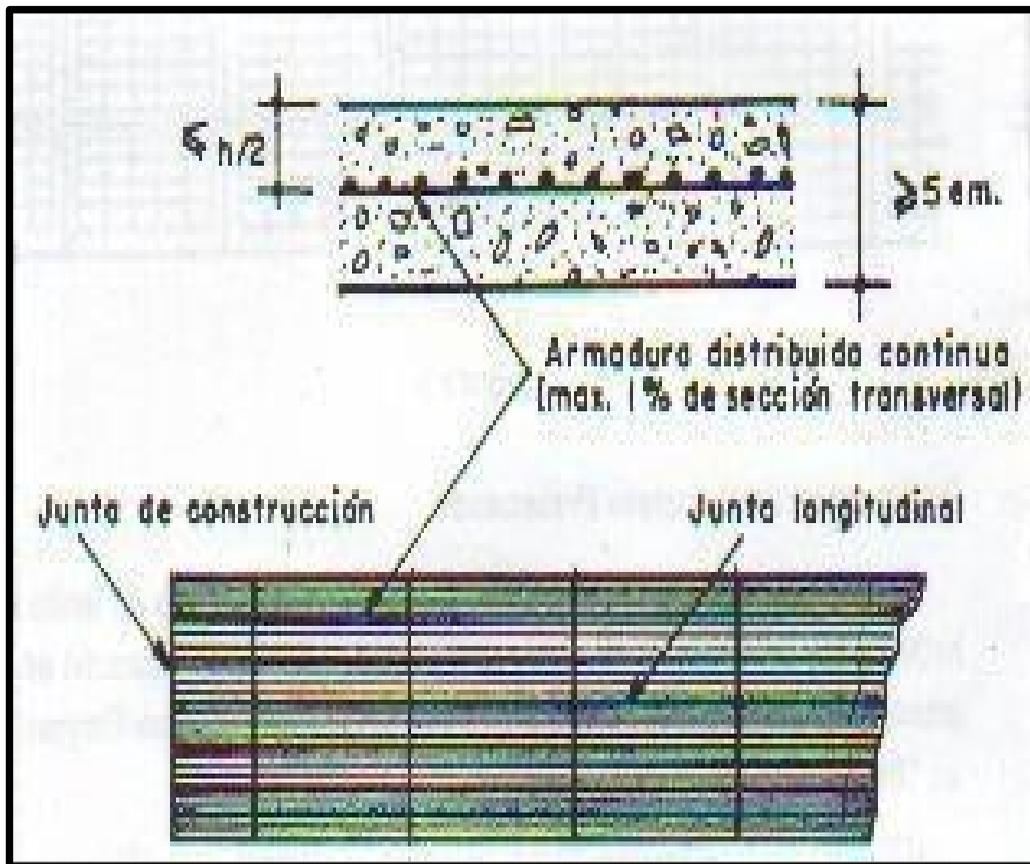
**Gráfico N° 05** : Pavimento de Concreto Rígido Simple con refuerzo de acero estructural

**Fuente** : III Seminario Nacional de Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

El refuerzo de acero asume tensiones de tracción y compresión, por lo que es factible reducir el espesor de la losa hasta 10 o 12 cm. Aplicación: Pisos Industriales, las losas resisten cargas de gran magnitud.

### 3.- PCR RC (Pavimentos de Concreto Hidráulico con Refuerzo Continuo)

El refuerzo asume todas las deformaciones, en especial las de temperatura, eliminando las juntas de contracción, quedando solo las juntas de construcción y de dilatación en la vecindad de alguna obra de arte.



**Gráfico N° 06** : Pavimento de Concreto Rígido Simple con refuerzo continuo.

**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

### **2.2.2.3 Elección del tipo de pavimento**

De acuerdo con Mora <sup>(11)</sup> se deben tomar las siguientes consideraciones para su determinación:

- Formular diferentes alternativas equivalentes de diseño para las mismas condiciones de Tráfico y de Resistencia del Suelo.
- Estrategia adoptada para el Mantenimiento y/o Reforzamiento.
- Evaluar el costo inicial de Construcción, de Mantenimiento y/o Reforzamiento, el Valor Residual de la estructura al término de la Vida Útil Calculada, los Costos del Usuario (Consumo de Combustible, gastos de Mantenimiento del Vehículo, llantas, confort, etc., etc.) de tal manera, que se obtengan los costos totales de cada uno de las diversas alternativas de diseño.
- El tipo de Pavimento será el de menor costo total, que incluye el costo social del Impacto Ambiental.

### **2.2.2.4 Variables de diseño**

Además el mismo autor, Mora<sup>(12)</sup> acota que se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones para diseño:

- Terreno de Fundación - Cimiento.
- Calidad del Concreto.
- Análisis del Tráfico - Clasificación de Vía.
- Diseño Geométrico.
- Diseño Estructural: Soluciones típicas.
- Juntas y especificaciones Técnicas.

#### **a) Terreno de Fundación -Cimiento**

Si la calidad del Terreno de Fundación es buena, de granulometría uniforme de tipo granular, y que evite el fenómeno del Bombeo (Pumping), la losa de concreto se puede colocar directamente sobre ella y no requiere cimentación. Pero, generalmente, es difícil encontrar Terrenos de Fundación apropiados, por lo que, se hace necesario colocar el cimiento, que consiste en una o más capas de materiales granulares que cumplan las siguientes:

Características:

- Proporcionar apoyo uniforme a la losa de Concreto.
- Incrementar la capacidad portante de los suelos de apoyo.
- Reducir al mínimo las consecuencias de los cambios de volumen del Terreno de Fundación.
- Reducir al mínimo las consecuencias de la congelación en las secciones de las diferentes capas o la capa superior del Terreno de Fundación.
- Recibir y resistir las cargas de tránsito que se transmiten a través de la base de la losa de concreto.
- Transmitir estas cargas, adecuadamente; distribuyéndolas a las diferentes capas del Pavimento y evitar el fenómeno de bombeo (Pumping).

## **b) Calidad del Concreto**

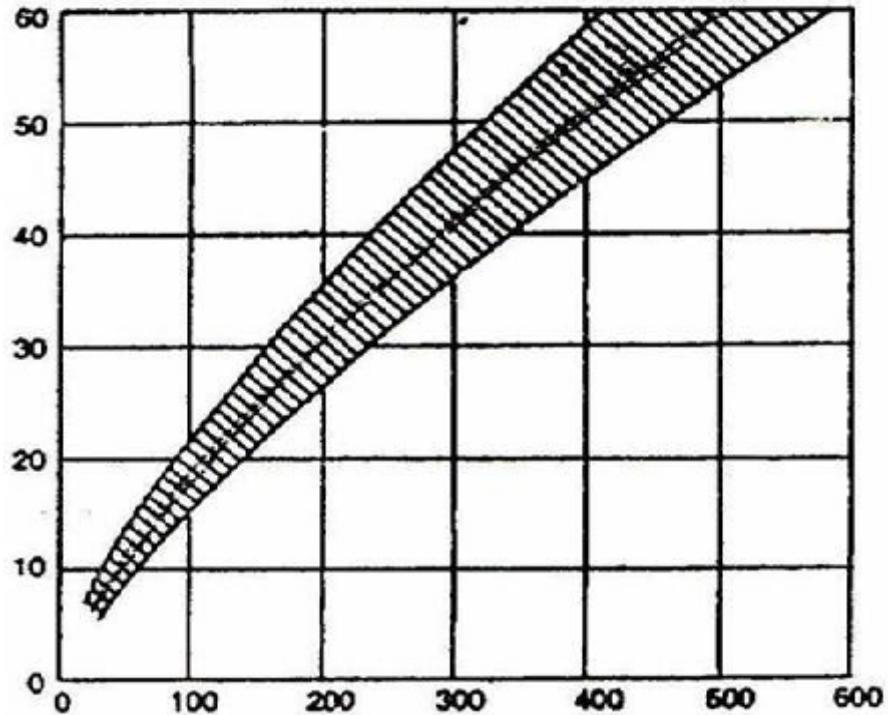
- Las mezclas del Concreto Rígido para Pavimentos deben de estar previstas para:
  - Garantizar una durabilidad satisfactoria dentro de las condiciones de requerimiento del Pavimento.
  - Para asegurar la resistencia deseada a la flexión.
- La flexión en los Pavimentos de Concreto rígido, bajo las cargas aplicadas por los neumáticos, producen esfuerzos de compresión y tensión. Los esfuerzos de compresión son pequeños en relación a la resistencia de la misma, y sin mayor incidencia en el espesor de la losa.
- Por lo tanto, el concreto rígido que se utiliza en los pavimentos se especifica por su resistencia a la flexión, medida por el Módulo de Rotura a Flexión, a los 28 días. (MR) expresada en kg/cm<sup>2</sup> y generalmente varía entre los siguientes valores:

$$40 \leq MR \leq 50$$

- A continuación se presenta un gráfico de la correlación entre el Módulo de Rotura (MR) y la resistencia a la compresión del Concreto rígido a los 28 días (f'c).

$$MR = PL/bd^2(\text{kg/cm}^2) \quad 0.10f'c \leq MR \leq 0.17f'c$$

En Pavimentos de Concreto Rígido se  $MR \geq 40 \text{ kg/cm}^2$  o sea  $F'c \geq 280 \text{ kg/cm}^2$  Aceptándose  $f'c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$  para tráfico.



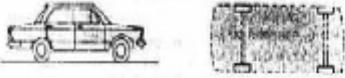
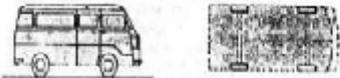
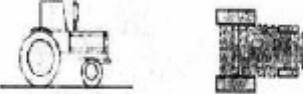
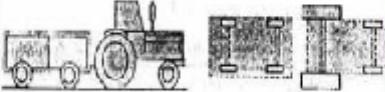
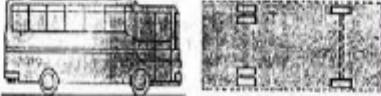
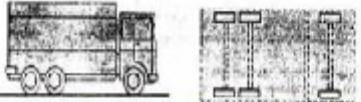
**Gráfico N° 07** : Correlación entre el Módulo de Rotura (MR) y la resistencia a la compresión del concreto Rígido a los 28 días (F'c).

**Fuente** : III Seminario Nacional de Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

### c) **Análisis de Tráfico**

- El análisis de tráfico y la clasificación de vehículos que, probablemente, pasarán diariamente por el sistema vial proyectado.
- **AASHTO**, como avanzada tecnológica, sólo considera los vehículos pesados, tales como camiones, autobuses, etc. en el cálculo de la estructura, con carga superior a 5 Ton.
- Este tipo de vehículos, generalmente, corresponden a 6 o más ruedas; los de peso inferior o vehículos ligeros, camionetas o tractores sin carga, provocan un efecto mínimo sobre el

pavimento y no son considerados en los cálculos estructurales del Pavimento de Concreto Rígido.

			<b>Tipo de Vehículo PCA-AASHTO</b>	
<b>VEHICULOS DE MENOS DE SEIS RUEDAS (NO se tienen en cuenta en el cálculo)</b>	MOTOS			
	AUTOMOVILES			A2
	FURGONETAS			B2 B3 B4
	TRACTORES SIN REMOLQUE			C2 C3 C4
<b>VEHICULOS DE SEIS O MAS RUEDAS (Se tienen en cuenta en el cálculo)</b>	TRACTORES CON REMOLQUE			T2-S2 T3-S2
	AUTOCARES Y AUTOBUSES			T3-S3 T3-S2-R2 T3-S2-R3
	CAMIONES			T3-S2-R4

**Gráfico N° 08** : Tipos de Vehículos según el número de ruedas

**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

#### **d) Diseño Geométrico**

El mismo investigador, Mora <sup>(13)</sup>, señala que el diseño geométrico es el resultado del análisis de la geometría vial de un proyecto (Altimetría y Planimetría).

En los Pavimentos de Concreto Rígido, este detalle en nuestro medio, es el menos considerado, porque esta variable define todos los sistemas deservicios públicos que deben ser analizados y diseñados previamente al diseño geométrico final de la estructura del pavimento, de tal manera, que permita, sin necesidad de romper la estructura, realizar las nuevas instalaciones y el mantenimiento correspondiente de las mismas.

#### **e) Diseño Estructural**

De acuerdo con Mora<sup>(14)</sup> el diseño completo de un sistema vial necesita del conocimiento de todas las variables que hemos mencionado anteriormente, complementando estas con un excelente diseño de juntas, por lo tanto, existen muchas metodologías de diseño en el mundo y que, según el profesor Jeuffroy, se clasifican en tres grupos:

##### **i. Teóricas**

Son aquellas metodologías que asimilan o modelan la estructura del pavimento en función del estudio elástico de sistemas multicapas, sometidos a cargas estáticas.

Algunos incluyen propiedades Visco-Elásticas en las capas de la estructura y problemas de carga variable, como el caso del Laboratorio Central de Puentes y Caminos de Francia.

## **ii. Empíricas**

Estas renuncian a la utilización de los resultados de la mecánica y se limitan a una clasificación de suelos y de tipos de pavimentos más usuales experimentales. Entre ellos, tenemos a Steele, Aviación Civil Americana, CIUSA, etc.

## **iii. Semiempíricas**

Llamadas últimamente “Diseños Mecanicistas-Empíricos” combinan los resultados anteriores y preparan circuitos de ensayos en Laboratorio o Vías de servicio. Estos métodos son los que tienen mayor difusión y son a la vez los más racionales, tomando esta última clasificación, la avanzada tecnológica ha desarrollado técnicas que permiten diseñar la estructura del pavimento de forma muy práctica y racional, a través de los llamados catálogos y/o nomogramas de diseño, estos son llevados a sistemas computarizados, que están permitiendo muchas alternativas.

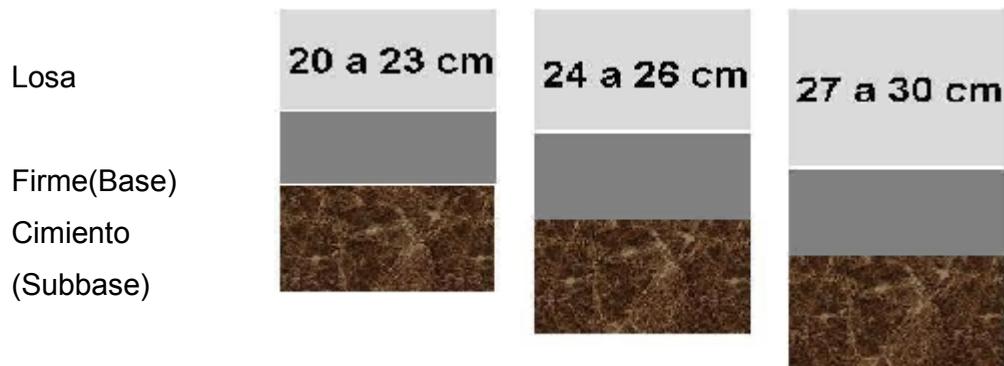


**Gráfico N° 09** : Espesor de losa de un pavimento Rígido

**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

**El Espesor de la Losa - El Método AASHTO1998(2002)**

Nivel deTrnsito	Bajo	Mediano	Alto
Camiones/Día	400	1500	3000



**Gráfico N° 10** : Espesor de losa Método AASHTO

**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión Y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú2010.

### **2.2.2.5 Diseño de Losa**

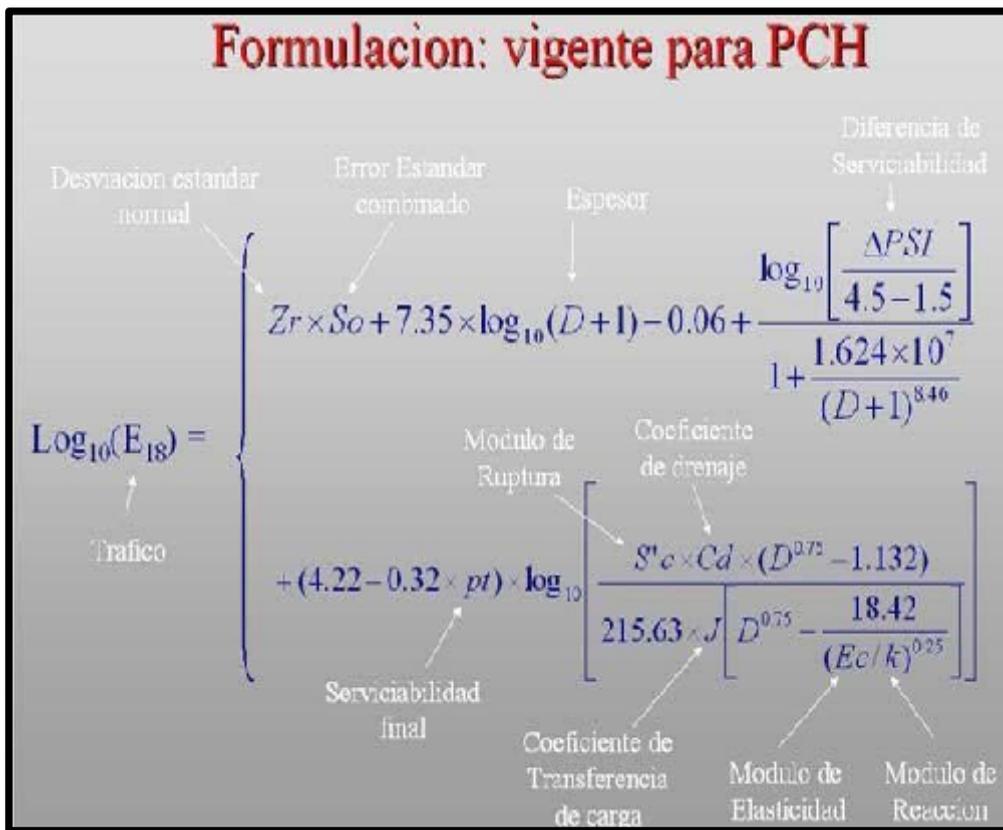
En consideración con Mora <sup>(15)</sup>, actualmente, se usan dos métodos de diseño para calcular el espesor de pavimentos de hormigón: el método de la Asociación de Cemento Portland (PCA) y el método de la Asociación Americana de la Organización de Transporte de Carreteras del Estado (AASHTO). En Estados Unidos en 1994, 35 agencias estaban utilizando el método AASHTO, y 5 el método PCA; los últimos 6 estaban utilizando su propio método de diseño.

#### **❖ Método de Diseño ASSHTO**

Este método se basa en el uso de una ecuación empírica desarrollada por la observación de algunos pavimentos de hormigón estudiados durante ensayos de AASHTO sobre carreteras. Los criterios de diseño son:

- El número de equivalentes cargas axiales de 80KN.
- El espesor de la losa.
- El módulo de elasticidad del hormigón.
- El módulo de ruptura del hormigón.
- El módulo de reacción de la fundación.
- El coeficiente de transferencia de carga en las juntas.

## EL COEFICIENTE DE DRENAJE



**Gráfico N° 11 :** Diagrama de fórmulas para PCR

**Fuente :** III Seminario Nacional De Gestión Y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

### ❖ Juntas

Los efectos de retracción y de gradientes térmicos en las losas de concreto producen, inevitablemente (excepto en el pretensado), fisuramiento, que sólo podemos controlar o dirigir, precisamente, por medio de líneas de roturas impuestas, llamadas “juntas”. Se distinguen 4 tipos de Juntas:

- a) De Dilatación
- b) De Construcción Longitudinal
- c) De Retracción –Flexión

d) De construcción transversal.

**A: Junta de Dilatación:** De 20 a 30 mm (típico: 25mm)

Son juntas transversales o longitudinales (pavimentos de vía ancha) que son juntas transversales o longitudinales (pavimentos de vía ancha) que permitirán el movimiento de las losas, a través de un material compresible intermedio, si estas se dilatan por efecto de la temperatura, evitando los desplazamientos no deseables.

**B: Junta de Construcción Longitudinal**

Resultan del sistema constructivo del pavimento, mediante bandas de ancho fijo.

**C: Junta de Retracción – Flexión:** De 3 a 9 mm de ancho.

Son juntas transversales o longitudinales constituidas por una ranura en la parte superior de las losas. Pueden ser aserradas o construidas en fresco.

**D: Junta de Construcción Transversal**

Resultan en las paradas prolongadas (más de 1 hora de trabajo) de la puesta en obra, o al fin de la jornada. Como son previsibles debe hacerse coincidir con las de contracción.

Estas juntas determinan losas rectangulares, cuyo cuestionamiento conlleva a plantear dos problemas:

Su separación y la profundidad de la ranura

- Las Juntas, son muy importantes en la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas es decisiva para la vida de servicio de un pavimento.
- Por su ancho, por la función que cumplen y para lograr un rodamiento suave, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas Especificadas.

#### **2.2.2.6 Deformaciones y esfuerzos inducidos**

Mora (17) plantea que el espaciamiento de las juntas en el proyecto de un pavimento rígido depende más de las características de contracción del concreto antes que el esfuerzo en el concreto.

Un gran espaciamiento de las juntas causa una abertura en las juntas, decreciendo la eficiencia en la transferencia de cargas. La abertura de las juntas debe computarse aproximadamente por:

$$\Delta L = C L (\epsilon \pm \alpha t \Delta T) \text{ (Darter y Barenberg)(II)}$$

Dónde:

$\Delta L$  : Es la abertura de la junta causada por la contracción debida al secado del concreto y por el cambio de temperatura

$\epsilon$  : Es la contracción unitaria por secado del concreto (0.5 a  $2.5 \times 10^{-4}$ )

**$\alpha_t$**  : Es el coef. de dilatación térmica del concreto (9 a  $10.8 \times 10^6 / ^\circ\text{C}$ )

**$\Delta T$** : Es el R de temp. (Temp. Local – temp. Media mínima mensual)

**L**: Es el espaciamiento entre las juntas y para sub-base granular)

### **Separación**

Está dada por las dimensiones de ellas o lo que se conoce como “espaciamiento de juntas”.

- A menor N° de juntas, menor riesgo de deterioro, y mayor, comodidad del pavimento.
- A menor distancia de juntas, menor variación de apertura, y menor, transferencia de cargas.
- A menor distancia de juntas, menor tensiones por gradiente térmico. Por las experiencias realizadas, se demuestra que el espaciamiento de juntas más conveniente, sea del orden de los 5 metros, resultando las siguientes probabilidades:
  - A menor espaciamiento, mayor costo del pavimento.
  - A mayor espaciamiento, mayor riesgo de fisuración no controlada.

### **Profundidad de la ranura**

Debe estar comprendida entre 1/3 y 1/4 del espesor de la losa.

### **Pasadores**

Si la cimentación de la estructura del pavimento no es estabilizada con cemento, el riesgo de la presencia del fenómeno del bombeo está dada, por

lo que; se recomienda, siempre, el uso de pasadores de acero, con las siguientes características:

- Longitud = 45cm
- Espaciamiento = 30 cm
- Diámetro  $f = 3.0$  cm (espesor de losa  $> 25$ cm)
- Diámetro  $f = 2.5$  cm (espesor de losa  $\leq 25$ cm)
- Disposición:  $1/2$  del espesor de la losa (a la mitad)

### **Barras de unión**

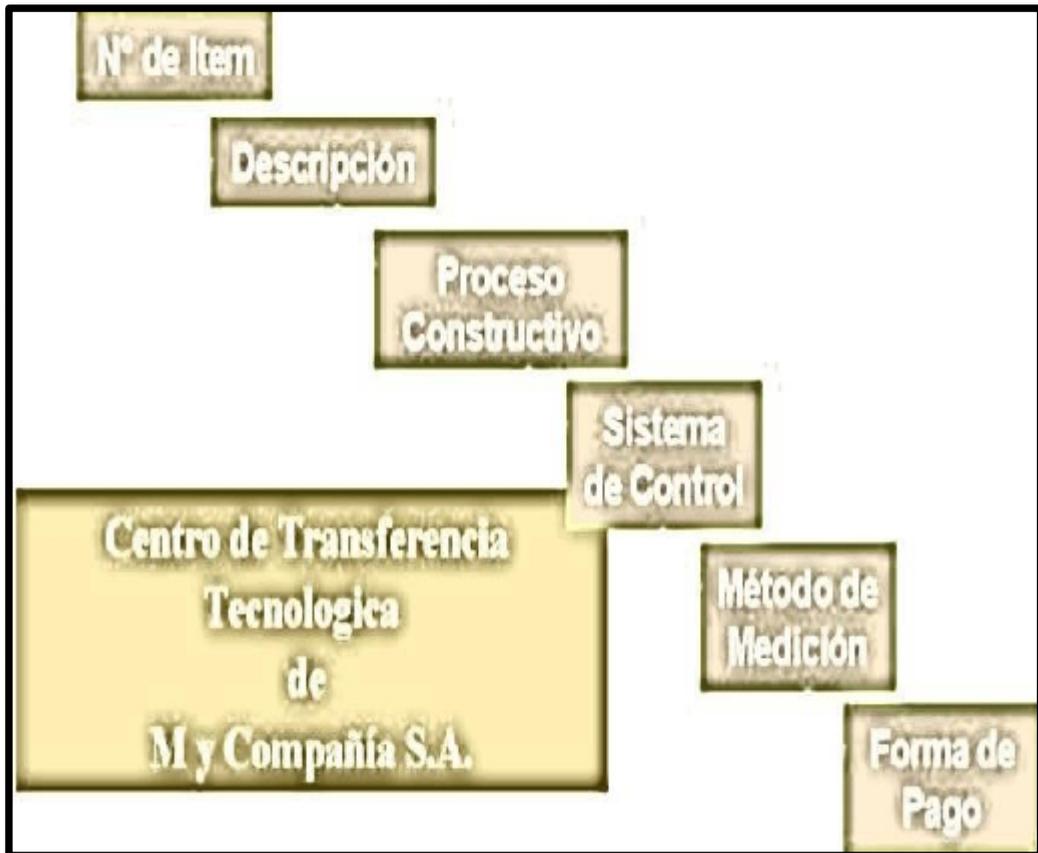
Si las juntas de retracción flexión y/o de construcción son atravesadas por las cargas, se recomienda, en estos casos, que la junta quede cerrada (coserla junta) con barras de unión de acero, con las siguientes características:

- Longitud = 75cm
- Espaciamiento = 100 cm
- Diámetro  $f = 1.2$ cm
- Disposición:  $1/2$  del espesor de la losa (a la mitad)

### **2.2.2.7 Especificaciones Técnicas**

Son elementos descriptivos, cualitativos y cuantitativos para la ejecución correcta del Pavimento de Concreto Hidráulico. Está normalizada por la institución que manejan el sistema vial del Perú: Dirección(MTC) basadas y adaptadas de las normas internacionales, como la ASTM,AASHTO y la PCA, las que determinara que se elaboren dos tipos de ellas: las especificaciones generales y las especificaciones especiales.

## SECUENCIA LÓGICA DE ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



**Gráfico Nº 12** : Diagrama de Secuencia Lógica de Elaboración de Especificaciones Técnicas.

**Fuente** : III Seminario Nacional De Gestión y Normatividad Vial MTC, Lima – Perú 2010.

## **2.2.3 Patologías del concreto (aspectos generales)**

### **2.2.3.1 Patología**

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

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

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 que 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.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo

en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

### 2.2.3.2 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la “Evaluación De Una Red” puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación, la cual produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N s^2}{\left( \left( e^2 / 4 \right)^* \left( N - 1 \right) + s^2 \right)}$$

Dónde:

n : Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N : Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

E : Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e =5%)

S : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial sea sume una desviación estándar(s) del PCI de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI).

### 2.2.3.3 Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

a) El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación

$$i = \frac{N}{n}$$

Dónde:

N : Número total de unidades de muestreo disponible.

n : Número mínimo de unidades para evaluar.

I : Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a3)

b) El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ .

Así, si  $i=3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y  $i$ . Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo ( $i$ ) es iguala 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11,14, etc.

#### **2.2.3.4 Selección de unidades de muestreo adicionales**

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. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como 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.

#### **2.2.3.5 Evaluación de la condición**

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

- Equipo.
  - Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.
  - Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los huellamientos o de presiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

#### **Procedimiento.**

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la plataforma inspeccionada y para el personal en la plataforma.

### **2.2.3.6 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo**

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los valores deductivos de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

### **2.2.3.7 Cálculo del PCI para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento Pórtland aplicación de la norma ASTMd5340**

#### **Cálculo del VR**

Para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, sumar el número de losas en las cual se presentan. Dividir el número de losas entre el número total de losas en la unidad de muestra y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada combinación de falla y grado de severidad.

Determine los VALORES REDUCIDOS (VR) para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

Para la presente investigación se usara la hoja de investigación del ANEXO1.

#### **Cálculo de PCI**

Si solo uno o ninguno de los VR es mayor a 5, la suma de los VRs es utilizada en lugar del máximo VRC para la determinación del PCI. De no ser así utilizar el siguiente procedimiento para determinar el máximo VRC.

Determinar m, el máximo número de fallas permitidas:

$$m = 1 + (9/95) * (100 - \text{VAR})$$

Dónde:

m = Numero permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10)

VAR = Valor individual más alto de VR

Ingresar en la tabla del ANEXO38 los VRs en la primera fila en forma descendente, reemplazando el menor VR por el producto del mismo y la fracción decimal del m calculado y utilizar este valor como el menor en la primera fila, (NOTA DE TRADUCCION). Si el número de VRs es menor al valor de m, ingresar todos los VRs en la tabla. Si el número de VRs es mayor a m utilizar los m valores más altos solamente.

Sumar todos los valores de VRs de la fila y colocar ese valor en la columna de "total", luego poner en la columna "q" el número de valores de VRs que son mayores a 5.

Determinar el VRC con la curva de corrección correcta (ANEXO3), para pavimentos de concreto, con los valores de "Total" y "q" en la tabla del ANEXO 3.

Copiar los VRs a la siguiente línea, cambiando el menor valor de VR mayor que 5 a 5. Luego repetir lo anterior hasta que se cumpla "q" = 1.

El máximo VRC es el valor más alto de la columna VRC.

### 2.2.3.8 Cálculo del PCI de una sección de Pavimento

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$\text{PCI S} = \frac{[(N - A) * \text{PCI R}] + (A * \text{PCIA})}{N}$$

Dónde:

- PCIS: PCI de la sección del pavimento.
- PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.
- PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales. N: Número total de unidades de muestreo en la sección.
- A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

## **2.2.4 Manual de daños**

### **2.2.4.1 Calidad de tránsito (ride quality)**

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones, para la presente investigación. A continuación se presenta una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito.

#### **L: (Low: Bajo):**

Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

#### **M: (Medium: Medio):**

Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimiento individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observa el grado de ahuellamiento o hundimiento.

**H: (High: Alto):**

Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse ala velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. Siendo la presente investigación para plataformas deportivas, no se analizaran patologías cuya causal es debida al tránsito.

**2.2.4.2 Descripción de los daños 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 es de la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 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 esquinas i no grieta diagonal; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20m y el otro lado a 2.40m 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) los así: Sólo tiene una grieta de esquina.

Contiene más de una grieta de una severidad particular. 11 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 3mm.
- M : Sellado de grietas. Parcheo profundo.
- H : Parcheo profundo.

### **Escala**

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

- Asentamiento debido a una fundación blanda.
- Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
- 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 el Cuadro.

### **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.

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

- H: Existe una de las siguientes condiciones:

- 11 Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0mm.

- 11 Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0mm.

### **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 9.10m 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 3.0mm.

M : Sellado de grietas.

H : Sellado de grietas. Parcheo profundo.  
Reemplazo de la losa.

### **Pulimiento 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. Sobre carpeta.

### **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 120grados. 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 6.0mm a 13.0mm. 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.

- L : No se hace nada.
- M : No se hace nada. Reemplazo de la losa.
- H : Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobre carpeta.

### **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 127mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

**Niveles de severidad:**

El descascaramiento de esquina con un área menor que 6452 mm<sup>2</sup> desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

**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 : Parche o parcial.
- H : Parche o parcial.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y nivel de la investigación**

- En general el estudio a realizarse es del tipo, descriptivo, analítico, no experimental y de corte transversal.
- Es descriptivo porque describe la realidad, sin alterarla.
- Analítica porque estudia los detalles de cada patología y establece las posibles causas.
- Es no experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio.
- Es de corte transversal porque se está analizando en un periodo exclusivo.

#### **3.2. Diseño de investigación**

- Se efectuó siguiendo el método PCI Índice de Condición de Pavimentos, para el desarrollo de la siguiente investigación (plantilla Excel, proporcionada por teoría de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote).
- La evaluación fue del tipo visual y personalizada. El procesamiento de la información se hizo de manera manual, no se utilizó software.
- La metodología utilizada, para el desarrollo adecuado del proyecto, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados es:
  - Recopilación de antecedentes preliminares: en esta etapa se realizó la búsqueda el ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes y de toda la información necesaria que ayuden a cumplir con los objetivos de este proyecto.
  - Estudio de la aplicación del programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos enfocado al método PCI.

- En cuanto a la determinación de las muestras estas fueron propuestas por iniciativa propia teniendo en cuenta la cantidad de variables que se podían recopilar de las diferentes zonas de trabajo
- Graficamos este diseño de la siguiente manera:



M =Muestra

O =Observación

A =Análisis

E =Evaluación

### **3.3. Universo o población y muestra**

#### **3.3.1. Universo**

Para la presente investigación el universo está dado por la delimitación geográfica de las calles 05 de Mayo, Progreso y San Juan del Distrito de Sondorillo, Provincia de Huancabamba, Departamento Piura.

#### **3.3.2. Muestra**

Se seleccionaron las principales calles de 05 de Mayo, Progreso y San Juan de mayor tráfico y visto que son las únicas calles que presentan anomalías.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos**

Se utilizó la evaluación visual (para una mejor descripción in situ del nivel a evaluar) y toma de datos a través de formulario como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

La evaluación de la condición incluyó los siguientes aspectos:

Equipo.

- Odómetro para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- GPS para levantar el plano del lugar de estudio.
- Manual de Daños del PCI con los formatos(Excel) correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

## IV. RESULTADOS

### IV.1. DOS DEL CÁLCULO PARCIAL DE LAS CALLES 05 DE MAYO, CALLE PROGRESO Y CALLE SAN JUAN

#### A. EVALUACION DE LA DE LA CALLE SANJUAN

PAVIMENTO DE CONCRETO RIGIDO											
TITULO DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA											
CALLE:		CALLE SAN JUAN		KILÓMETRO:		0.000		SECTOR:		SANTO DOMINGO	
MUNICIPIO:		SANTO DOMINGO		FECHA DE INSPECCION:		15/05/2014		REVISOR:		DAVID GARCIA	
CANTON:		SANTO DOMINGO		FECHA DE ELABORACION:		15/05/2014		ELABORADOR:		DAVID GARCIA	
TIPO DE PATOLOGIA		CANTIDAD		CANTIDAD		CANTIDAD		CANTIDAD		CANTIDAD	
1	Agrietamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	Desgaste	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	Desgaste	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
17	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
21	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
22	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
23	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
25	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
26	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
29	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
30	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
31	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
32	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
33	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
34	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
35	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
36	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
37	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
38	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
39	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
40	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
41	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
42	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
43	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
44	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
45	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
46	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
47	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
48	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
49	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
50	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
51	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
52	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
53	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
54	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
55	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
56	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
57	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
58	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
59	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
60	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
61	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
62	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
63	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
64	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
65	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
66	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
67	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
68	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
69	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
70	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
71	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
72	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
73	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
74	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
75	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
76	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
77	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
78	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
79	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
80	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
81	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
82	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
83	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
84	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
85	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
86	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
87	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
88	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
89	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
90	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
91	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
92	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
93	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
94	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
95	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
96	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
97	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
98	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
99	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
100	Desmenuzamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Cuadro N°02 : Resumen de las diferentes patologías del concreto

presentes en las calles del Distrito de Sondorillo.

Fuente : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica. octubre2014.

# CALCULO DEL VRC

**CALCULO DEL VRC**

ZONA : Sandomillo      CALIF : SANTIAO

DETERMINACION DEL NUMERO MAXIMO DE FALLAS PERMISIBLES (T)

$m = 1 + ( 9/95 ) * ( 100 - VAR )$

Donde:  
 m = Numero permitido de vms incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).  
 VAR = Valor individual mas alto de vms.

m = **8,81**

VALOR DE REDUCCION																
z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	ICIEL	q	VRC
	27,53	12,00	11,00	9,00	6,20									55,00	6	25,08
	27,53	12,00	11,00	9,00	5,00									54,53	5	37,81
	27,53	12,00	11,00	5,00	5,00									53,53	4	45,04
	27,53	5,00	5,00	5,00	5,00									44,53	3	46,82
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00									37,53	2	78,82
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00									25,00	1	51,20
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00											
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00											
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00											
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00											
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00											
	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00											

Máximo VRC = **51,20**

FCI = 100 - Máximo VRC

FCI = 100 - **51,20**

FCI = **48,80**

Clasificación = **PEBUCAR**

RANGOS DE CLASIFICACION DEL FCI	
Rango	Clasificación
85 - 100	Excelente
70 - 85	Muy Buena
55 - 70	Buena
40 - 55	Regular
25 - 40	Mal
10 - 25	Muy Malo
0 - 10	Fallejo

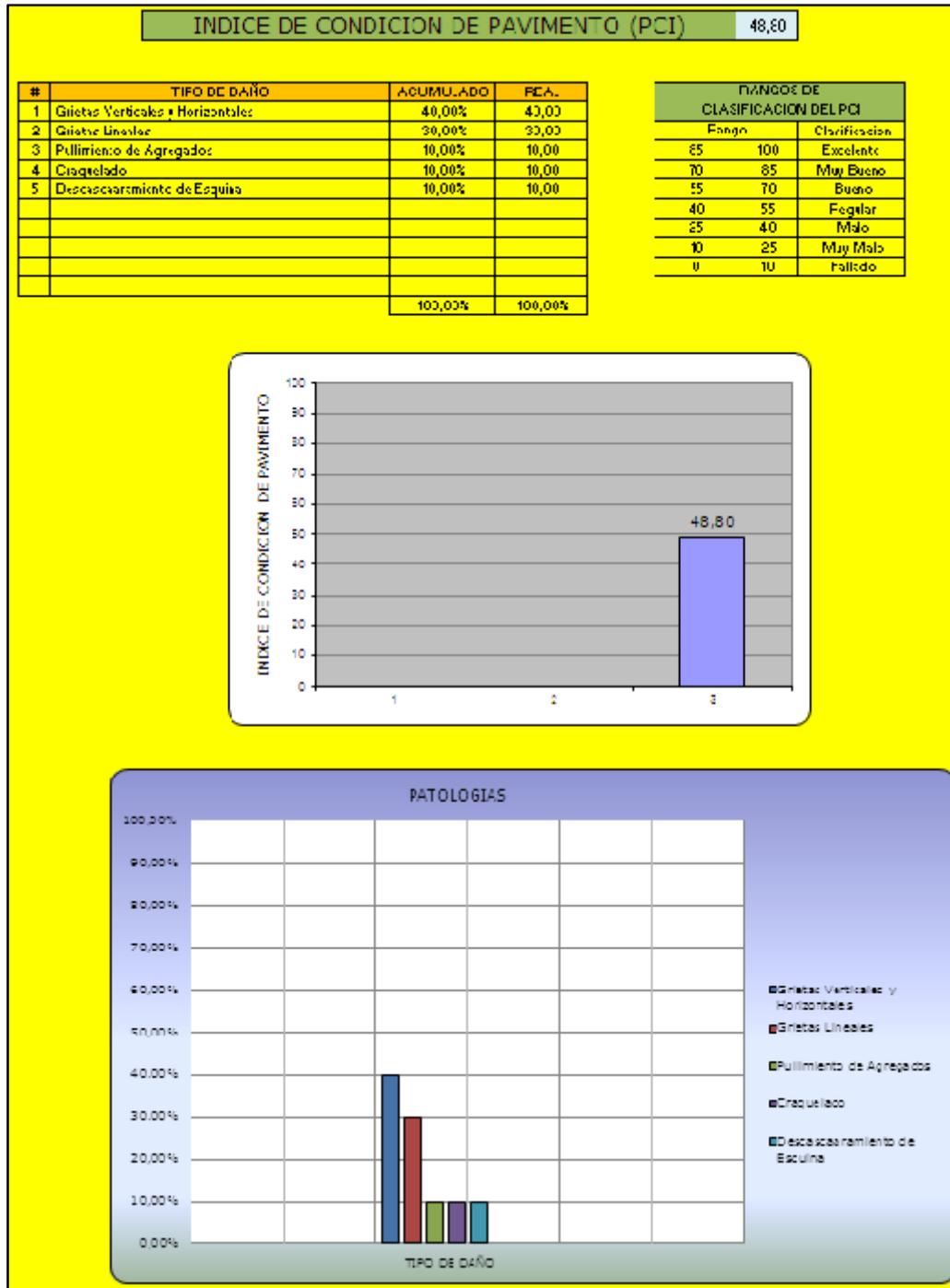
Cuadro N°03 : Calculo del VRC

Fuente : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, octubre2014.









**Cuadro N°07** : Resumen de las diferentes patologías del concreto presentes en las calles del Distrito de Sondorillo.

**Fuente** : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, Octubre2014.

**C. EVALUACION DE LA CALLE 05 DEMAYO**

PAVIMENTO DE CONCRETO RIGIDO  
 HOJA DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA

**ZONA:** Sondalito      **CALLE:** 05 DE MAYO

**DISTRITO:** Sondalito      **DEPARTAMENTO:** Fuzo

**TFOCELUS:** 060487      **FECHA:** 05/10/2014

**PROYECTO:** Rehabilitación del barrio

**PALESTRA:** PALESTRA

**NUMERO DE SÍMBOLOS:** 20

**ISSP DEL LUGAR (MUESTRAS):** 1, 2, 3, 4

Y	FUELO	TEMPERATURA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA
1	EXACTAMENTE	8	Gravel	Gravel	Gravel
2	Sobre el Espalme	3	Fallas (0 y 1)	Desmenuamiento	Desmenuamiento
3	Sobre el asfalto	0	Fallas (Superficial)	Perforación	Perforación
4	Sobre el asfalto y concreto	-	Puntes de Agregado	Desmenuamiento de Logra	Desmenuamiento de Logra
5	Casta	2	Tapetes	Desmenuamiento de Logra	Desmenuamiento de Logra
6	Sobre el asfalto	0	Bombas		
7	Con el Canal Boma	4	Puntes de Logra		

Nº	TIPO DE MUESTRA	Nº DE MUESTRAS	SEVERIDAD	Nº DE MUESTRAS LOCAS	DECIMAS	VALOR DE REDUCCION (0/10)
4	Gravel	3	0/10	3	0.000	0
3	Fallas	1	0/10	1	0.100	8
1	Puntes de Agregado	2	0/10	2	0.200	9
0	Perforación	1	0/10	1	0.100	11
0	Desmenuamiento de Logra	2	0/10	2	0.200	11

VALOR DE REDUCCION		VALOR DE REDUCCION	
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20

**Cuadro N°08** : Resumen de la evaluación

**Fuente** : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, Octubre 2014.

### CALCULO DEL VRC

ZONA : Sondorillo

CALLE : 05 DE MAYO

DETERMINACION DEL NUMERO MAXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + ( 9/95 ) * ( 100 - VAR )$$

Donde:

m = Número permitido de VRs incluyendo fricciones (debe ser mayor o igual a 10).

VAR = Valor individual más alto de VR

m = 8,81

#	VALOR DE REDUCCION										TOTAL	c	VRC
1	17,53	12,00	11,00	9,00	6,00						25,03	6	40,68
2	17,53	12,00	11,00	9,00	6,00						34,53	8	37,81
3	17,53	12,00	11,00	6,00	6,00						33,53	4	49,04
4	17,53	12,00	5,00	6,00	6,00						44,53	3	46,82
5	17,53	5,00	5,00	6,00	6,00						37,53	2	48,82
6	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00						25,00	1	51,20
7	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00								
8	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00								
9	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00								
10	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00								
11	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00								
12	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00								
13	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00								

RANGOS DE CLASIFICACION DEL PCI	
Rango	Clasificación
85 - 100	Excelente
70 - 85	Muy Bueno
55 - 70	Buena
40 - 55	Regular
25 - 40	Mala
10 - 25	Muy Mala
0 - 10	Fallecida

Máximo VRC = 51,20

PCI = 100 - Máximo VRC

PCI = 100 - 51,20

PCI = 48,80

Clasificación = REGULAR

**Cuadro N°09** : Calculo del PCI

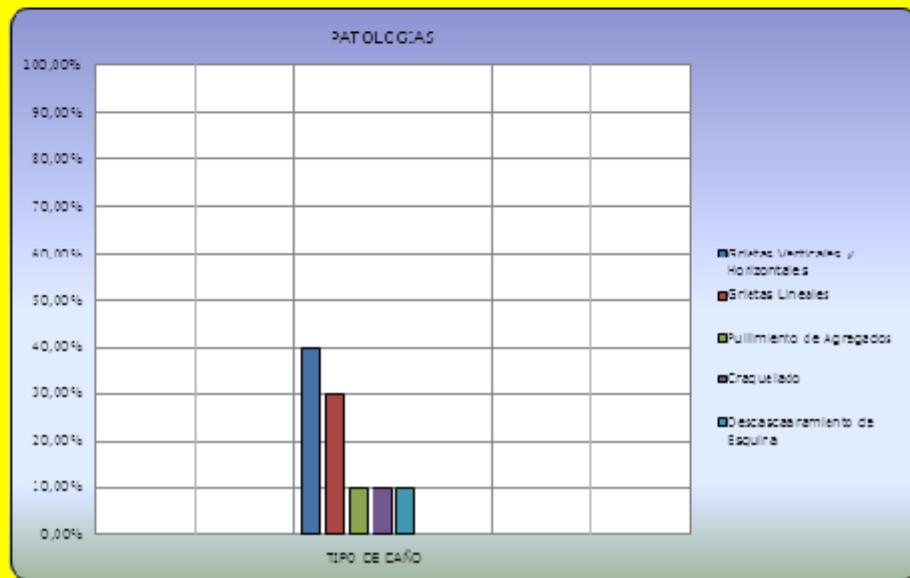
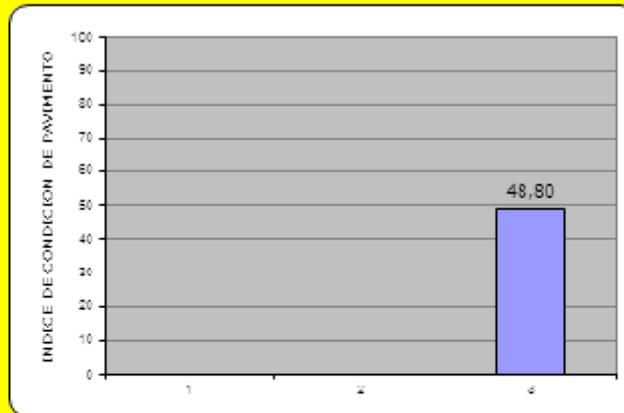
**Fuente** : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, Octubre 2014.

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (FCI)

48,80

#	TIPO DE DAÑO	ACUMULADO	REAL
1	Grietas Verticales y Horizontales	40,00%	40,00
2	Grietas Lineales	30,00%	30,00
3	Pullmiento de Agregados	10,00%	10,00
4	Craquelado	10,00%	10,00
5	Desacarreamiento de Esquina	10,00%	10,00
		100,00%	100,00%

RANGOS DE CLASIFICACION DEL PCI		
Rango		Clasificación
85	100	Excecente
70	85	Muy Bueno
55	70	Buena
40	55	Regular
25	40	Mala
10	25	Muy Mala
0	10	Falada



**Cuadro N°10** : Cuadros del Cálculo

**Fuente** : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, octubre2014.

# RESUMEN DE LA EVALUACIÓN GENERAL

**PAVIMENTO DE CONCRETO RIGIDO**  
**HOJA DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA**

ZONA:	Sondorillo	CALLE:	San Juan (del P. de P. Q. de S.)	Pavimento:	Pavimento
ESTRITO:	Sondorillo	ECCIAVOM:	Huancabamba	NUMERO DE PAVOS:	01
TIPO DE USO:	Autobus	FECHA:	06/05/2014	TEMPERATURA AMBIENTE:	16.6°C
PROYECTO:	Proy. de Rehabilitación y Mantenimiento	DEPARTAMENTO:	Espejo	CONDICIONES:	VER VERSEPARADA

N	TIPO DE DAÑO	M	TIPO DE DAÑO	N	TIPO DE DAÑO
1	Fisuras (Rasgado)	1	Challinidos	2	Curvaduras
2	Fisuras (Espalda)	1	Pavos (Faltas)	3	Desmenuzamiento
3	Fisuras (Flejes)	1	Faltas de Preparación	4	Relevo
4	Fisuras (del costado de los pavos)	1	Faltas de Fregado	5	Desgaste en sentido Longitudinal
5	Falta	1	Falta	6	Desgaste en sentido Transversal
6	Saldo de Morto	1	BCHOC		
7	Exceso de Cantal (Exceso)	1	Desmenuzamiento		

N	TIPO DE DAÑO	CONTADO	NUMERO DE LOSAS	VALOR DE REDUCCION (RI)
1	Grosos (fisuras) Huancabamba	4	2	400%
2	Fisuras (Flejes)	8	1	300%
3	Fisuras (del costado de los pavos)	2	6	100%
4	Faltas de Preparación	1	6	100%
5	Desgaste en sentido Longitudinal	1	6	100%

N	TIPO DE DAÑO	VALOR DE REDUCCION (RI)	Clase de Daño
1	Grosos (fisuras) Huancabamba	4	IV
2	Fisuras (Flejes)	8	II
3	Fisuras (del costado de los pavos)	6	III
4	Faltas de Preparación	6	III
5	Desgaste en sentido Longitudinal	6	III

**Cuadro N°11** : Resumen de las diferentes patologías del concreto presentes en las calles del Distrito de Sondorillo.

**Fuente** : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, Octubre 2014.

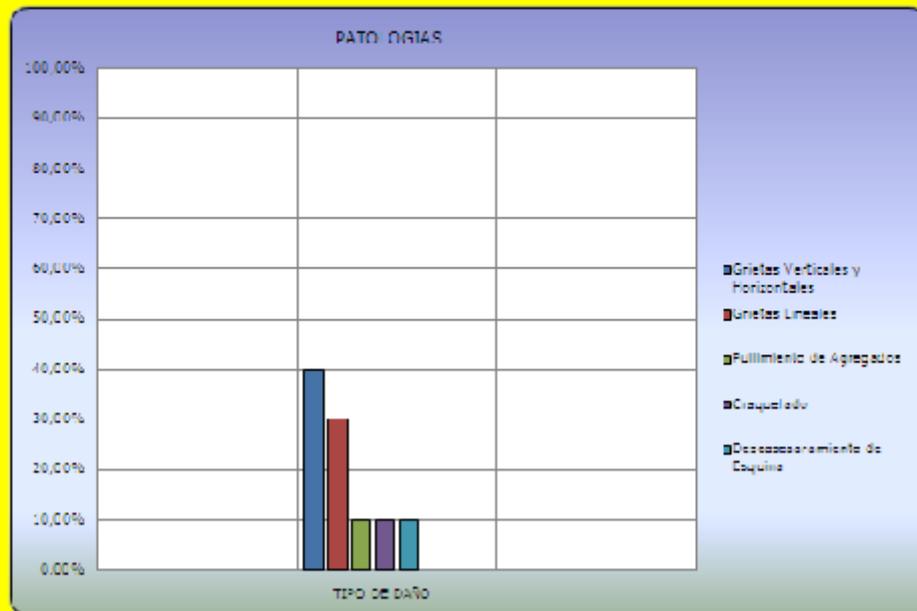
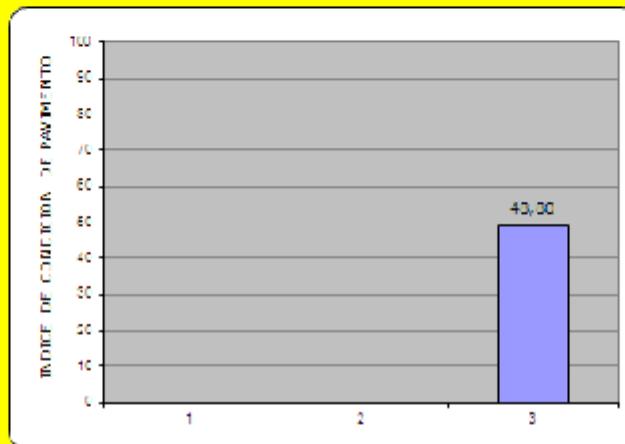


INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)

4380

#	TIPO DE DAÑO	ACUMULADO	REAL
1	Grietas Verticales y Horizontales	40,00%	40,00
2	Grietas Lineales	30,00%	30,00
3	Fillamiento de Agregados	10,00%	10,00
4	Craquelado	10,00%	10,00
5	Desarreglo de Esquina	10,00%	10,00
		100,00%	100,00%

-AMBUSU-		
CLASIFICACION DEL PCI		
Rango	IPC	Clasificación
95	100	Excelente
75	85	Muy Bueno
55	70	Bueno
40	55	Regular
25	40	Malo
10	25	Muy Malo
1	10	Faloso



**Cuadro N°13** :Resumen de las diferentes patologías del concreto presentes en las calles del Distrito de Sondorillo.

**Fuente** : CUADRO EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, Octubre 2014.

#### **IV.1.1 RESULTADOS DESPUES DE LA EVALUACION**

Se determinó los tipos de patologías (grietas verticales y horizontales, grietas lineales, pulimento de agregados, craquelados, descascaramiento) presentes en los pavimentos rígidos de las calles 05 de mayo, progreso y San Juan del distrito de Sondorillo.

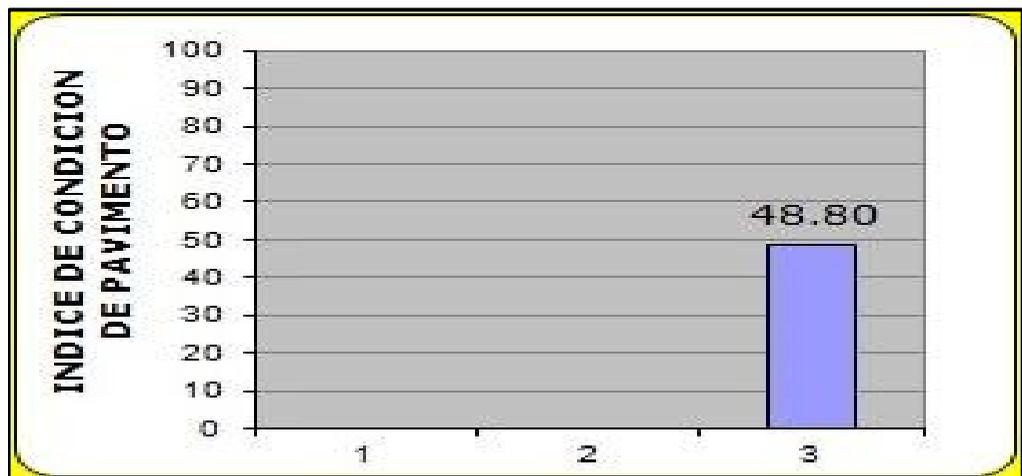
- Se estableció el nivel de índice de condición (PCI) en 48.80 de los pavimentos de las calles del Distrito de Sondorillo.
- La presentación de resultados se dio a través de Cuadros Estadísticos:
  - ✓ Cuadros del ámbito de la investigación.
  - ✓ Cuadros estadísticos de las Patologías existentes.
  - ✓ Cuadros del estado en que se encuentran los pavimentos en las calles existentes del distrito de Sondorillo.

#### **IV.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El presente trabajo después de la fase de campo y de gabinete demuestra que el pavimento rígido de las calles existentes en el distrito de Sondorillo, en su mayoría presentan patologías de grietas verticales y horizontales (longitudinales y transversales) en un 40.00%, en segundo lugar grietas lineales con un 30.00 %, en menor proporción, pulimento de agregados con 10.00%, craquelados en un 10%, en patologías descascaramiento con un 10.00% en tercer, cuarto y quinto lugar respectivamente; Todo esto como vimos en las bases teóricas se deben al comportamiento del suelo y que si no se desarrolla un plan de mantenimiento efectivo se puede llegar hasta tal grado de generar a través de su evolución deterioros mayores como fisuramiento en bloques, baches de profundidad que afecta el tráfico vehicular, además es propicio para acumulación de agua

basura; estas grietas longitudinales y transversales con longitudes que atraviesan en ocasiones más de un tablero de losa.

Se nota que según el PCI promedio mejora “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”, se tiene un PCI total de= 48.80 lo que significa que se tiene un nivel regular, y esto implica que se debe rehabilitar el pavimento es decir aplicar un mantenimiento correctivo en las zonas deterioradas y establecer un mantenimiento preventivo en todo el pavimento que permita mantener operativo y en buen estado el pavimento en el tiempo de vida útil para el que fue diseñado.



**Cuadro N°14** : índice de condición del pavimento en las calles Sondorillo.

**Fuente** : TABLE EXCEL DEL PSI - ULADECH Católica, octubre2014.

<b>RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</b>	
<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

**Cuadro N°15:** Rango de calificaciones del PCI.

**Fuente** : TABLEXCELDELPSI- ULADECH Católica, Octubre2014

## V. CONCLUSIONES

Los pavimentos rígidos de las calles en estudio a la actualidad se han deteriorado y presentan diferentes tipos de patologías del concreto rígido, debido a los diferentes factores que influyen en su empeoramiento tales como; mala calidad de los materiales (agregados), procesos constructivos(dosificación),diseño de pavimento, sobrecarga vehicular, temperatura, tipo desuelo y el clima. Por lo que es menester realizar un estudio e investigación profunda.

Se puede concluir que el Índice Promedio de Condición del Pavimento de las calles existentes del distrito de Sondorillo es de 48.80% correspondiendo a un nivel o estado regular.

Se concluye que el nivel de las patologías del concreto rígido en las calles: 05 de mayo, Progreso y San Juan de la localidad del distrito de Sondorillo es:

Agrietamiento vertical y horizontal	40%
Agrietamiento lineal (grietas lineales)	30%
Pulimiento de agregados	10%
Craquelado	10%
Descascaramiento en la esquina	50%

## V.1. ASPECTOS COMPLEMENTARIO

### Recomendaciones

- Realizar el diseño apropiado de la estructura del pavimento (rígido), en cuanto a las fuerzas actuantes para las cuales serán utilizadas.
- Definir la pendiente adecuada para evitar acumulación de líquidos que puedan dañar la estructura.
- Antes de ejecutar todo tipo de pavimentación, realizar un estudio completo del estado situacional del sistema de agua y desagüe.
- Evaluar las vialidades y determinar el grado de severidad de los diferentes deterioros para implementar reparaciones menores y garantizar la vida útil de la estructura de pavimento rígido.
- Conocer las diferentes técnicas constructivas que garanticen un nivel de servicialidad de la vía.
- Realizar pruebas de laboratorio de los suelos que se encuentren en el lugar, de tal manera que se verifique que sí son apropiados para la cimentación de la estructura o que si se requiere de mejorar los suelos.
- Realizar el sellado de las juntas longitudinales y transversales con materiales compresibles (silicón) para evitar la filtración de agua y materiales incompresibles.
- Antes de iniciar las reparaciones de una vía determinada, en un tiempo de antelación de 60 días se debe de realizar una investigación en el campo, con el fin de definir los límites de las áreas a reparar y plasmar esa información en los planos de la vía.
- Garantizar la transferencia de cargas de la estructura de pavimento, implementando pasa juntas de acuerdo a especificaciones técnicas.

- Poner en práctica un buen procedimiento de curado el cual consistirá en aplicar un compuesto de curado en los momentos en que el agua de exudación se ha evaporado de la superficie del pavimento.
- Caracterizar el tipo de tráfico característico en la zona.
- En la reparaciones que se efectúan cerca de una junta de longitudinal, transversal o intercepción entre ellas; se deberá insertar una lámina incomprensible, como por ejemplo una lámina de fibra, con el objeto de prevenir la adherencia de los concretos de la reparación con los circundantes y así evitar posibles descascamientos.

## V.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- i. Ruiz Islas, Patricia.  
COURT AVENUE, DONDE LA HISTORIA DEL PAVIMENTO  
CON CONCRETO COMIENZA.  
Noviembre de 2012.
- ii. Bartholomew, George W. EXPERIMENTO DE ARCILLAS PARA  
PRODUCIR PIEDRA ARTIFICIAL  
Cemento portland, pavimentación en la Exposición Internacional  
de Chicago de 1893.
- iii. White, Canvass. Chicago de 1894.
- iv. Tayabji, Shiraz, P.E. y Starr D. Kohn, P.E.,

### **PAVIMENTO RÍGIDO**

- Mejores prácticas para la construcción de pavimentos de  
concreto con cemento Portland  
Soil and Materials Engineers, Inc.  
Construction Technology  
Laboratories, Inc.  
Informe IPRF – 01 – G – 002 – 1
- v. Gonzales de la Cotera, Manuel “El pavimento de Concreto”  
Diciembre de 2006
  - vi. Empresa Constructora, CONSTRUCCIONES E INVERSIONES  
FANIA SAC.  
VENTAJAS COMPARATIVA DEL PAVIMENTO DE  
CONCRETO.  
Agosto 2014
  - vii. Ing. Mora, Samuel Q. FIC–UNI.ASOCEM. PAVIMENTOS DE  
CONCRETO HIDRAULICO Marzo de 2013

## ANEXOS

### A. FOTOGRAFÍAS DE ALGUNAS FALLAS TÍPICAS



**Gráfico N° 13** : Muestra grietas longitudinales y transversales

**Fuente** : Propia, septiembre 2014.

**Calle** : Calle Progreso – Sondorillo



**Gráfico N° 14** : Muestra grietas lineales de alta severidad

**Fuente** :Propia, septiembre 2014.

**Calle** :Calle 05 de mayo – Sondorillo.



**Gráfico N° 15** : Muestra fisura en esquina de gran escala.

**Fuente** : Propia, septiembre 2014.

**Calle** : Calle 05 de mayo – Sondorillo



**Gráfico N° 16** : Muestra mapa de grietas y Craquelado de altas.

**Fuente** : Propia, septiembre 2014.

**Calle** : Calle 05 de mayo – Sondorillo.



**Gráfico N° 17** : Muestra el pulimiento de Agregados.

**Fuente** : Propia, septiembre 2014.

**Calle** : Calle San Juan Sondorillo – Sondorillo.

