



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL  
PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. PRINCIPAL  
DEL POBLADO DE “SAN MARTIN”- ICA -2016**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**GALINDO GARCÍA, Carlos Alejandro**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**Ica – Perú**

**2016**

**Dedicatoria:**

A mis padres por su esfuerzo  
indesmayable en la formación de sus  
hijos.

**Agradecimiento:**

A los docentes de la escuela de  
Ingeniera Civil por su idoneidad en la  
formación de sus alumnos.

**Reconocimiento:**

A la Universidad Alas Peruanas por la oportunidad que brinda a la juventud peruana en sus aulas de todo el país

## RESUMEN

En esta investigación titulada "Evaluación del índice de condición del pavimento flexible en la Av. principal del poblado de "San Martín"- Ica -2016", tiene como objetivo evaluar el índice de condición del pavimento flexible, del ámbito de estudio.

Para tal objetivo, se ha trabajado con una muestra de 10 unidades de observación previamente seleccionadas para la observación, constituido por 6 metros de largo por 6 de ancho, en los que se observó el grado de deterioro de las fallas identificadas.

Se obtuvo como resultado que el promedio del PCI de las unidades evaluadas es de 37.4 que corresponde a la categoría de malo o deficiente, lo que implica que la vía evaluada presenta grandes deficiencias o deterioros.

**Palabras clave:** Evaluación, índice de condición del pavimento, fallas, deficiencias.

## ABSTRAC

In this study entitled "Evaluation of the condition index of the flexible pavement in the main avenue of the town of "San Martin"- Ica-" 2016, it is intended to evaluate the flexible, the field of study of pavement condition index.

For such purpose, it worked with a sample of 10 observation units previously selected for observation, constituted by 6 meters long by 6 wide, which noted the degree of impairment of identified shortcomings.

Was obtained as a result of PCI of the units evaluated average is 37.4 which corresponds to the category of bad or poor, implying that evaluated via presents large defects or damage

**Key words:** evaluation, pavement condition index, failures, shortcomings

## INDICE

	Pág
Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Reconocimiento	iv
Resumen	v
Summary	vi
Síntesis	vii
Índice	viii
Introducción	xii

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2.	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1.	Delimitación espacial	3
1.2.2.	Delimitación Social	4
1.2.3.	Delimitación temporal	4
1.2.4.	Delimitación Conceptual	4
1.3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	5
1.3.1.	Problema general	5
1.3.2.	Problema especifico	6
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1.	Objetivo general	6
1.4.2.	Objetivos específicos	6
1.5.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.5.1.	Hipótesis general	7

1.5.2.	Hipótesis específicas	7
1.6.	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.6.1	Variable independiente	8
1.6.2.	Variable dependiente	8
1.6.3.	Operacionalización de variables	8
1.7.	DISEÑO DE INVESTIGACION.	11
1.7.1.	Tipo de investigación	11
1.7.2.	Nivel de investigación	11
1.7.3.	Métodos de investigación	11
1.7.4.	Diseño de investigación	12
1.8.	POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.8.1.	Población	13
1.8.2.	Muestra	13
1.9.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	13
1.9.1.	Técnicas	13
1.9.2.	Instrumentos	14
1.9.3.	fuentes	14
1.10.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.10.1	Justificación	15
1.10.2.	Importancia	16
1.10.3.	limitaciones	16

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.2.	BASES TEÓRICAS	19
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	56

## **CAPÍTULO III**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

3.1.	CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	59
3.2.	DETERMINACION DEL AMBITO DE ESTUDIO	64
3.3.	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO	64
3.4.	ANALISIS DE FALLAS OBTENIDAS COMO RESULTADO	71

## **CAPÍTULO IV**

### **PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

4.1.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	83
4.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA	83
4.3.	PRUEBA DE HIPOTES GENERAL	87

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

5.1	ESTADO Y LAS CAUSAS DEL DETERIORO DE LA VIA ASFALTADA.	88
5.2.	CONCLUSIONES	91
5.3.	RECOMENDACIONES	92
	FUENTES DE INFORMACIÓN	93

ANEXOS		96
1.	Matriz de consistencia	97
2.	Instrumentos de recolección de datos	99
3.	Fichas de validación de pavimentos con superficie asfáltica	100
4.	Ficha de validación de experto	101
5.	Ilustraciones fotográficas	102
6.	Validación de evaluación de pavimento	110
7	Planos de ubicación y localización	112

**INDICE DE CUADROS**

	Pág
Cuadro N° 01 Operacionalización de la variables de estudio	8
Cuadro N° 02 Resumen del estado de pavimentos e intervención	32
Cuadro N° 03 Resumen del estado de pavimentos e intervención	33
CUADRO N° 04 Grados de severidad de Piel de cocodrilo en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016	72
CUADRO N° 05 Grados de severidad de Agrietamiento en bloque en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016	73
CUADRO N° 06 Grados de severidad de Abultamientos y hundimientos en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016	74
CUADRO N° 07 Grados de severidad de Corrugación en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016	75
CUADRO N° 08 Grados de severidad de Depresión en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016	76
CUADRO N° 09 Grados de severidad de Grieta de borde en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016	77
CUADRO N° 10 Grados de severidad de Parcheo y acometimiento de servicio público en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016	78
CUADRO N° 11 Grados de severidad de Huecos en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016	79
CUADRO N° 12 Grados de severidad de Hinchamiento en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016	80
CUADRO N° 13 Índice de Condición de Pavimento, según tipo de fallas	81
CUADRO N° 14 Cuadro de rango y clasificación.	81

**ÍNDICE DE GRAFICOS**

	Pág
Gráfico N° 01 Distribución porcentual de los grados de severidad de Piel de cocodrilo en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	72
Gráfico N° 02 Distribución porcentual de grados de severidad de Agrietamiento en bloque en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	73
Gráfico N° 03 Distribución porcentual de grados de severidad de Abultamientos y hundimientos en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	74
Gráfico N° 04 Distribución porcentual de grados de severidad de Corrugación en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	75
Gráfico N° 05 Distribución porcentual de los grados de severidad de Depresión en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	76
Gráfico N° 06 Distribución porcentual de los grados de severidad de Grieta de borde en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	77
Gráfico N° 07 Distribución porcentual de los grados de severidad de parcheo en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	78
Gráfico N° 08 Distribución porcentual de los grados de severidad de los huecos en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	79
Gráfico N° 09 Distribución porcentual de los grados de severidad de hinchamientos en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016.	80

## INTRODUCCIÓN

Toda inversión económica que un gobierno local destina a la pavimentación de una calle de un centro poblado tiene una especial importancia, se orienta a satisfacer una necesidad muy sentida para la población beneficiaria y a su vez es sinónimo de desarrollo. Una cuadra pavimentada representa seguridad familiar, se eleva la plusvalía del patrimonio familiar y es una acción que abre las puertas para programas de apoyo y de financiamiento de la construcción o mejora de las viviendas en el lugar.

La pavimentación de calles, modifica la imagen urbana del lugar, mejora la imagen positiva y de desarrollo, ante propios y extraños, generando inversiones en diversas modalidades y en consecuencia mejores condiciones de vida para la población.

Es por estas consideraciones que en el año 2007, después de muchas espera y muchos retrocesos y avances, la Municipalidad Provincial de Ica programa y ejecuta la pavimentación del camino que va desde el Hospital Socorro hasta el distrito de San Juan, pasando por el asentamiento humano San Martín y el Conjunto habitacional FONAVI II, III y IV etapas.

Sin embargo, a la fecha esta vía pavimentada, especialmente en el tramo que comprende el asentamiento humano San Martín, se encuentra en un estado deplorable, debido a varios factores que resulta muy necesario evaluarlos para diagnosticar el estado real en que se encuentra y sugerir las acciones de mejora que correspondan para mantener operativa esta vía.

Un método de evaluación del comportamiento del pavimento es el "Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos" (ASTM D6433-03) o también conocido como "Método PCI" (Pavement Condition Index); que por medio de inspecciones visuales, determina el estado en que se encuentra una vía, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes.

En este proyecto de investigación se pretende aplicar el método PCI, para pavimento flexible(asfáltico), en el trecho que corresponde al asentamiento humano San Martín y se identificará cada falla existente, siguiendo el procedimiento del método PCI.

Formalmente esta investigación contiene los siguientes capítulos:

Capítulo I: contiene información relativa al planteamiento del problema de investigación

Capítulo II: se refiere al marco teórico, que contiene a su vez a los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos básicos

Capítulo III: contiene información relativa a las hipótesis y variables de estudio

Capítulo IV: comprende la metodología de la investigación; y

Capítulo V: trata de la administración del proyecto de investigación

El autor

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La construcción de una obra de pavimentación de una calle o avenida, se hace con la idea de que previo a un mantenimiento sistemático, tenga una vida operativa relativamente larga, porque constituye un indicador de desarrollo de la población y representa una satisfacción de los usuarios.

Con esta idea y bajo la exigencia de la población usuaria, la Municipalidad provincial de Ica, construye en el 2007 la pavimentación del camino que va desde el Hospital Socorro, hasta el distrito de San Juan, pasando por el asentamiento humano San Martin y el Conjunto Habitacional FONAVI II, III y IV Etapas..

Sin embargo, esta obra de pavimentación a la fecha presenta un estado deplorable que necesita ser evaluado, asimismo requiere que sean identificados los factores que han incidido para que esta obra en pocos años presente una serie de deficiencias.

Existen varias razones por las que el pavimento se deteriora y una de ellas es por deficiencias en el sistema de ejecución de la pavimentación. Frecuentemente se percibe que la pavimentación flexible de alguna vía, y esta no es la excepción, son rotas para arreglar las tuberías o las nuevas instalaciones de agua o desagüe y de líneas telefónicas que pasan por el subsuelo, y para ello se opta por romper el pavimento. Pocas veces las vías afectadas se reparan adecuadamente o simplemente se dejan abandonadas así.

Algunas veces, al no contar con un plan de mantenimiento, la situación de las pistas se agrava. Lo que da origen a que los mismos ciudadanos, molestos de esperar alguna solución, ejecuten su "reparación" de las calles, rellenando lo deteriorado (hoyos en el pavimento, por ejemplo) con cualquier material que encuentren en su entorno, que permita la circulación normal de los vehículos.

Asimismo, el mal estado del pavimento, no solo afecta el ornato y la calidad de la vía asfaltada, sino puede dar lugar a los accidentes de tránsito. Por ejemplo, las pistas de doble sentido se reducen sólo a uno, en vista que los diversos medios de transporte circulan por el carril que se encuentra sin fallas. Esto ocasiona caos, y por qué no, algún tipo de accidente.

En el caso concreto del ámbito de estudio, se observa un deterioro crítico de todo esta vía de 3 km de largo, no existe un proceso de mejora o en todo

caso algún propósito de mejora del deterioro de los pavimentos han sido insuficientes, no obstante haberse realizado algunos trabajos de reparación de baches, de colocación de tierra o de algún material consistente por personas sin formación técnica, antes de aliviar han empeorado esta vía.

Por todo ello es muy urgente la evaluación del estado en que se encuentra la pavimentación de flexible del ámbito de estudio y para ello se empleará el Método Índice de condición del pavimento (PCI) que es un método de evaluación del comportamiento del pavimento, un procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y calles, conocido también como "Método PCI" (Pavement Condition Index); que por medio de inspecciones visuales determina el estado en que se encuentra una vía, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes.

## **1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Si bien esta obra comprende desde el Hospital Socorro hasta el distrito de san Juan, esta investigación evaluativa de la pavimentación flexible, espacialmente comprende todo el trayecto del asentamiento humano San Martín, que tiene una extensión de 3 kilómetros.

### **1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL**

Los usuarios de esta vía son la población del asentamiento humano San Martín, y la población del Conjunto habitacional FONAVI, II, III i IV Etapas que en conjunto sobrepasan los 15 mil habitantes.

### **1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

La investigación es de corte transversal y en consecuencia los datos recolectados son del año 2016.

### **1.2.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL**

Los términos de evaluación sísmica y viviendas autoconstruidas, tienen el siguiente concepto.

#### **i) PAVIMENTO FLEXIBLE**

El pavimento flexible es una estructura formada, por varias capas como lo son la sub-rasante, la sub base, la base y la carpeta asfáltica; cada una con una función determinada, las cuales en conjunto tienen los siguientes propósitos:

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- Tener la impermeabilidad necesaria.
- Resistir la acción destructora de los vehículos.

- Resistir los agentes atmosféricos.
- Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de vehículos.
- Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub-base.

## ii) INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

El método PCI, por sus siglas iniciales en inglés (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles

### 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

#### 1.3.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las condiciones fundamentales que presenta la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martín", Ica – 2016, según el método Índice de Condición del Pavimento empleado?

### **1.3.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS**

¿A qué factores principales está asociado el estado en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016?

¿Cuáles son las alternativas de solución o de mejoramiento del estado de deterioro, en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016?

### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Los objetivos son los siguientes:

#### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las condiciones fundamentales que presenta la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica –2016, según el método Índice de Condición del Pavimento empleado.

#### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los factores principales, a los que está asociado el estado en que se encuentra, la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016.
- Proponer las alternativas de solución o de mejoramiento del estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016.

## **1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

De acuerdo con el método Índice de Condición del Pavimento (PCI), existe un índice deficiente en la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICO**

Las hipótesis específicas se presentan a continuación:

- Los factores principales asociados a la condición deficiente según el índice de condición del pavimento (PCI) de la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016, son: el incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir la obra, la ejecución de otras obras dentro del curso de la vía pavimentada, la falta de cultura de mantenimiento.
- Para evitar el deterioro el estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin" Ica – 2016, resulta coherente y viable la implementación de medidas preventivas que garanticen que las empresas ejecutoras de otras obras en el ámbito de la pavimentación cumplan estándares de seguridad, así como fortalecer la cultura de mantenimiento en los usuarios.

## 1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Índice de Condición del Pavimento

### 1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Pavimentación flexible

### 1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Cuadro N° 01**

#### Operacionalización de las variables de estudio

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE PUNTUACIÓN					Ptje
			5	4	3	2	1	
<b>Grados de severidad de la pavimentación flexible.</b>	Severidad baja	1.						
		2.						
		3.						
		4.						
		5.						
	Severidad media	6.						
		7.						
		8.						
		9.						
		10.						
	Severidad alta	11.						
		12.						
		13.						
		14.						
		15.						

## **Definición conceptual**

### **Pavimento flexible**

El pavimento flexible es una estructura, formada por varias capas como lo son la sub-rasante, la sub base, la base y la carpeta asfáltica; cada una con una función determinada, las cuales en conjunto tienen los siguientes propósitos:

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- Tener la impermeabilidad necesaria.
- Resistir la acción destructora de los vehículos.
- Resistir los agentes atmosféricos.
- Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de vehículos.
- Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub-base.

### **Índice de condición del pavimento**

El método PCI, por sus siglas iniciales en inglés (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

### **Definición operacional**

#### **Pavimento flexible**

El pavimento flexible es la vía de 5 metros de ancho asfaltada ejecutada por una empresa que tiene como trayecto desde el grifo "San Martín" hasta el límite del Conjunto Habitacional FONOVII, III y IV Etapa, con una longitud de 3 kilómetros, lo cual ha sido evaluada con el Método PCI.

#### **Índice de condición del pavimento**

El método PCI, (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

## **1.7. DISEÑO DE INVESTIGACION.**

### **1.7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según su finalidad esta investigación corresponde a una investigación evaluativa, de campo y básica, porque su propósito es diagnosticar y evaluar la condición del pavimento en el ámbito de estudio.

### **1.7.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Por el nivel de profundidad es una investigación explicativa, evaluativa y de campo, de corte transversal, toda vez que trata de evaluar la la condición del pavimento en el ámbito de estudio

### **1.7.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **a) Investigación bibliográfica**

En principio se procedió a recopilar la información bibliográfica para ampliar conocimientos generales sobre la pavimentación flexible y del método PCI.

#### **b) Selección de zonas de estudio**

Para la selección de las zonas de estudio se recurrió al plano catastral del distrito de Ica, comprensión del ámbito del asentamiento humano de San Martín.

### **c) Trabajo de campo**

Para conocer y analizar las principales el estado o las principales condiciones del pavimento de la vía en estudio, aplicando el método PCI, se llevó a cabo un sistemático trabajo de campo en el que se observó y registró las características de la obra, según los indicadores del método.

### **d) Aplicación del método PCI**

El método PCI se aplicó al asfalto de la vía considerada como muestra de estudio, lo cual se llevó a cabo durante 5 días, acción que permitió recabar la información pertinente y confiable.

### **f) Procesamiento de datos**

Una vez terminados el proceso de recolección de los datos correspondientes mediante la observación de campo, se procedió a procesar, elaborar las tablas, los gráficos y luego se interpretarán haciendo uso de las medidas de tendencia central y de dispersión.

## **1.7.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Teniendo en cuenta el tipo de investigación, el diseño empleado es un diseño descriptivo, evaluativo que se representa de a siguiente

manera:

N Ox ----- I

Según este diseño, se someterá a un análisis evaluativo a todas las obras referidas al proyecto ejecutado de pavimentación flexible considerado como objeto de estudio.

## **1.8. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.8.1. POBLACIÓN**

La población usuaria de la via de asfalto estudiada es del Conjunto habitacional FONAVI La angostura, II, III y IV Etapas, y del asentamiento humano San Martin que en conjunto suman 15 000 pobladores.

### **1.8.1. MUESTRA**

La muestra considerada es de 3 kilómetros de pavimentación flexible ubicada en el ámbito de estudio.

## **1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **1.9.1. TÉCNICAS**

Las técnicas empleados son:

- a) La observación
- b) La encuesta.
- c) El análisis documental

### **1.9.2. INSTRUMENTOS**

Los instrumentos empleados en esta investigación son los siguientes:

a) Cuaderno de campo

Es un instrumento empleado para recoger información sobre las variables e indicadores necesarios para la investigación.

b) Ficha del PCI

Es un método estandarizado para determinar la condición de la pavimentación flexible, de acuerdo con determinados parámetros del método.

### **1.9.3. FUENTES**

Las fuentes de la información requerida son las siguientes:

a) Fuentes bibliográficas, las que proporcionarán la información teórica necesaria para la investigación.

b) Fuentes empíricas, que son las observaciones in situ realizadas para diagnosticar las condiciones del pavimento flexible.

c) Fuentes orales, son las informaciones obtenidas por las declaraciones o las respuestas a las preguntas formuladas, de informantes calificados.

## **1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.10.1. JUSTIFICACIÓN**

La realización de esta investigación se justifica por muchas razones, de las que se menciona algunas de las importantes:

La Universidad en general y la Universidad Alas Peruanas, tiene la facultad de intervenir mediante la investigación en el diagnóstico y las alternativas de solución de los problemas que la sociedad presenta. En consecuencia, esta investigación es un aporte para la puesta en práctica de la función investigadora de la UAP y también un aporte para la población beneficiara de la evaluación del estado, en que se encuentra la pavimentación flexible del ámbito de estudio.

Asimismo, esta investigación tiene potencialmente un alto impacto en la población de usuarios de esta vía asfaltada, como son aproximadamente una población de 15 000 pobladores del ámbito de influencia de la vía, que requieren que esta vía debe estar operativa por ser considerado un indicador de desarrollo.

### **1.10.2. IMPORTANCIA**

La realización de la investigación tiene una importancia teórica como práctica, en lo relacionado con el aporte teórico, la investigación sistematizará un conocimiento contextualizado sobre el estado en que se encuentra la pavimentación flexible evaluada, lo cual a su vez posibilitará la contrastación con las teorías y as técnicas empleadas en el asfaltado flexible, en las condiciones específicas en los que se ha dado en el contexto de estudio.

En cuanto al aporte práctico, esta investigación pretende ser útil, en la medida en que las conclusiones y las sugerencias explicitadas, servirán a los que diseñan e implementan obras de este tipo, a fin de que prevean las acciones pertinentes a fin de que las obras de pavimentación se realicen en las mejores condiciones para garantizar un período de duración adecuada.

### **1.10.3. LIMITACIONES**

Las limitaciones de esta investigación están referidas al factor tiempo y los recursos económicos que son limitados y escasos como para llevar a cabo un estudio evaluativo, de toda la vía.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Tal como señala Shahin, M. En su obra "Pavement Management for Aiports Roads anad Parkink Lots" (2005), el método del PCI, para la determinación de la condición de pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como por ejemplo: la Federal Aviation Administration (FAA 1 982), el U.S. Departament of Defence (U.S. Air Force 1 981 u U.S. Army 1 982), la American Public Work Assocoation (APWA 1 984), etc. Asimismo, el PCI para vías o caminos ha sido publicado por ASTM como método de análisis en las normas ASTM D 5340 y D 6433, respectivamente. Por ello su empleo ha sido muy difundido tanto a nivel internacional como en el ámbito nacional.

En efecto, se menciona como antecedente internacional a la investigación efectuada por Armijos Salinas, Christian Rolando (2009) titulado "Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja" en una avenida denominada Avenida Manuel Carrión P. en la que una vez realizada la evaluación empleando el índice de Condición Presente (PCI) concluye que la calzada de la avenida se encuentra en un estado *regular* indicando que en esta vía se deberá considerar una rehabilitación por lo menos con bacheo en las zonas más críticas, en tanto que en otra calle Marcelino Champagnate, el Índice de Condición Presente (PCI) es 51, por lo tanto, la calzada tendrá una clasificación *regular*; siendo necesario considerar una rehabilitación para incrementar el periodo de funcionamiento antes de que se produzcan deterioros mayores.

En el ámbito nacional, Ramírez Palma, Sergio Marino, investigó sobre la "Evaluación del estado actual del pavimento flexible en el tramo de la red vial Marcara – Chancos, del distrito Marcara – Carhuaz-Áncash, año 2010" en la que realiza una evaluación de las condiciones del pavimento de esta red vial, y llegaron a la conclusión de que este pavimento presenta deficiencias significativas que resulta necesario mejorar.

También Sánchez Antequera, Jorge Alfonso, en su Tesis "Determinación y Evaluación de las patologías del pavimento flexible del barrio la soledad Distrito de Huaraz, provincia de Huaraz – región Ancash", identificó un

conjunto de patologías del pavimento flexible, y propone estrategias para mejorar esta deficiencia.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. LA PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE**

#### **2.2.1.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO**

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), para definir pavimento se toma en cuenta dos puntos de vista: el de la Ingeniería y el del usuario.

Conforme a la Ingeniería, el pavimento es un elemento debidamente estructurado, que se soporta, en toda su superficie, sobre el terreno de origen llamado sub-rasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo.

La definición que domina el usuario es: el pavimento es un espacio superficial que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. El servicio que proporciona debe ser de calidad, de modo que influya de manera positiva en la calidad de vida de la población.

Las diversas capas de material elegido, que conforman el paquete estructural, admiten directamente las cargas de tránsito y los trasladan a

los estratos inferiores, malgastada. Es así que todo pavimento deberá resistir y soportar, adecuadamente, los esfuerzos destructivos del tránsito, las inclemencias de la naturaleza, la intemperie, así como de objetos puntiagudos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas y vehículos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él.

Son condiciones básicas para garantizar el debido funcionamiento de un pavimento: el ancho de la vía, el trazo vertical y horizontal definido por el diseño geométrico y la adhesión adecuada entre los medios de transporte y el pavimento; aún en condiciones húmedas.

#### **2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.**

Un pavimento no necesariamente está compuesto de las capas señaladas en la figura 1.1. La carencia o reemplazo de una o algunas de esas capas depende de diferentes factores: del soporte de la sub-rasante, del tipo de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

Por esta razón, pueden identificarse 3 clases de pavimentos, que se diferencian, sobre manera, por el paquete estructural que presentan:

- a) Pavimento flexible.
- b) Pavimento rígido.
- c) Pavimento híbrido.

### **a) Pavimento flexible**

Llamado, también, pavimento asfáltico. Está conformado por una capa asfáltica en la superficie de rodamiento, lo que permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de sub-base, en cargadas de distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Por último, está la sub-rasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas.

El pavimento asfáltico resulta más económico en su construcción inicial, tiene una duración, aproximada, de 10 a 15 años. Pero, tiene una desventaja: requiere mantenimiento periódico para cumplir con su utilidad.

### **b) Pavimento rígido**

Denominado, también, pavimento hidráulico. Su composición a base de concreto hidráulico que algunas veces presenta acero de refuerzo. Esta losa se utiliza sobre la base (o sub-base) y ésta sobre la sub-rasante. Este tipo de pavimentos impide deformaciones de las capas inferiores.

Esta clase de pavimento tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su periodo de duración varía entre 20 a 40 años. Requiere de un mantenimiento mínimo y se orienta, generalmente, al tratamiento de juntas de las losas.

### **c) Pavimento híbrido**

Se le conoce, también, como pavimento mixto, pues, es la combinación de flexible y rígido. A manera de ejemplo, cuando se reemplazan bloquetas de concreto por la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. Ver figura 1.2. La finalidad de este tipo de pavimento es reducir la velocidad límite de los vehículos, ya que las bloquetas dan lugar a una ligera vibración en los vehículos que circular sobre ellas, obligando al conductor a mantener una velocidad máxima de 60 km/h. Es apropiado para zonas urbanas, ya que garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Por mencionar otro ejemplo de pavimento híbrido, son aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido. Ver figura 1.2. Esta clase de pavimento, conlleva a un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta, de la que se tratará oportunamente.

#### **2.2.1.3. PAVIMENTOS URBANOS FLEXIBLES.**

El contenido de la presente tesis está referido a pavimentos urbanos flexibles, por lo que se explicará detalladamente las capas que lo constituyen y su comportamiento frente a sollicitaciones externas.

En el numeral 1.2. Se trató acerca de la clasificación de pavimentos; los pavimentos flexibles están constituidos por las siguientes capas: carpeta

asfáltica, base, sub-base y sub-rasante. A continuación, más precisiones sobre cada uno de estos elementos.

#### **a) Carpeta Asfáltica.**

La carpeta asfáltica es la capa que se coloca, sobre la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y proporciona la superficie de rodamiento a la vía.

Cumple la función de volver impermeable la superficie, evitando el ingreso de agua que podría dañar las capas inferiores. Asimismo, evita la fragmentación de las capas subyacentes y colabora al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).

El material pétreo seleccionado permite la elaboración de la carpeta, agregando un aglomerante que es el asfalto. Es de necesidad conocer el contenido óptimo de asfalto a emplear, para garantizar que la carpeta soporte las cargas a la que será sometida. Una cantidad de más de asfalto en la mezcla puede ser perjudicial, provocando pérdida de estabilidad, e incluso hacer resbalosa la superficie.

Esta capa es la más expuesta a la intemperie y a los desgastes por fricción de los vehículos, por lo que su mantenimiento debe ejecutarse periódicamente para garantizar adecuados resultados.

## **b) Base**

La función principal de la Base es soportar, distribuir y transmitir las cargas a la sub-base que se ubican en la parte inferior. La base está ubicada debajo de la superficie de rodadura.

Puede estar constituida principalmente por material granular: piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; de igual manera, su conformación a base de cemento Portland, cal o materiales que contienen betún (carbono e hidrógeno), recibiendo el nombre de base estabilizada. Todas deben tener la resistencia suficiente como para soportar la carga de la superficie y transmitirla hacia los niveles inferiores del paquete estructural.

## **c) Sub-base**

Se ubica en la parte inferior de la base, por encima de la sub-rasante. Es la capa de la estructura de pavimento, siendo su función soportar, transmitir y distribuir con igualdad las cargas aplicadas en la carpeta asfáltica.

Su conformación a base de materiales granulares, que le van a permitir trabajar como una capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, impidiendo fallas producidas por el aumento del agua, causadas por el congelamiento, cuando se tienen temperaturas bajas. Es más, la sub-base controla los cambios de volumen y elasticidad del material del terreno de fundación, que serían nocivos para el pavimento.

#### **d) Sub-rasante**

Es la capa de terreno que resiste el paquete estructural y que se prolonga hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito.

Puede estar formada en corte o relleno, todo depende de las características del suelo encontrado. Una vez compactada, debe adecuarse a las propiedades, secciones transversales y las pendientes que se especifican en la vía.

La calidad de la sub-rasante debe cumplir con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad. Pues, el espesor del pavimento dependerá, en gran parte, de la calidad del sub-rasante.

La diferencia que más sobresale entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se reparten las cargas. De ahí que, el comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas cambia de acuerdo a las capas que lo conforman.

En un pavimento flexible, la división de la carga está determinada por la calidad del sistema de capas que lo conforman. Las capas de mejor calidad están cerca de la superficie donde las tensiones son mayores, y estas cargas se dividen de mayor a menor a medida que se va profundizando hacia los niveles inferiores.

En el caso de pavimentos rígidos, quien asume la mayor carga es la losa. Las capas inferiores a la losa, en términos de resistencia, son desestimables.

En los pavimentos flexibles tienen menor rigidez, por eso se deforman más que el rígido y se producen tensiones mayores en la sub-rasante. En cambio, los pavimentos rígidos las cargas se distribuyen de manera uniforme debido a la rigidez del concreto, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub-rasante.

## **2.2.2. MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES**

### **2.2.2.1. CONCEPTO.**

El método PCI (*Pavement Condition Index*) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento, mediante las inspecciones visuales, reconociendo la clase, severidad y cantidad de fallas detectadas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Fue implantado entre los años 1974 a 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE.UU. con la finalidad de

obtener un sistema que rijan el mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método constituye el modo más cabal para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente conocido y aceptado, formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, por prestigiosas entidades como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (*American Public Work Association*) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

Para obtener los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente, necesariamente se toma utiliza el Método del PCI. El método introduce un factor de ponderación, llamado "valor deducido", dada la gran cantidad de combinaciones posibles, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

### 2.2.2.2. OBJETIVOS.

Los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son los siguientes:

- a. Precisar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El procedimiento permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad).
- b. Cuando se habla de integridad estructural, se refiere a la capacidad que tiene el paquete estructural de resistir sollicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. Sin embargo, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso cómodo y seguro al conductor.
- c. Lograr un indicador que permita hacer comparación con igualdad de criterio, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, determinando la técnica más adecuada de reparación, al estado del pavimento en estudio.

### **2.2.2.3. TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

Existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre los aplicables al presente estudio están:

#### **a) VIZIR**

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación.

Este índice ha sido desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – France o por sus siglas en ingles LCPC.

El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales.

#### **b) FHWA / OH99 / 004**

Este índice presenta una alta claridad conceptual y es de sencilla aplicación, pondera los factores dando mayor énfasis a ciertos deterioros que son muy abundantes o importantes en regiones donde hay estaciones muy marcadas pero no en áreas tropicales.

### c) ASTM D 6433-99

También conocido como Present Condition Index, o por sus siglas PCI. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón. Este método ha sido aplicado en la presente investigación, debido a que se la adoptado mundialmente por algunas entidades encargadas de realizar la cuantificación de los deterioros en la superficie de pavimentos.

#### 2.2.2.4. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO

Dado que el método empleado para la evaluación de este trabajo es el PCI, las consideraciones teóricas y técnicas de la evaluación del pavimento son las siguientes:

##### a) RANGO y CLASIFICACIÓN

RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

## **b) INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)**

### **b.1) METODO DEL PCI (Pavement Condition Index)**

El método P.C.I. para pavimentos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias nacionales e internacionales.

### **b.2) OBJETIVOS DEL PCI**

Los objetivos que se persiguen con la aplicación del Método PCI son:

- Determinar el estado de un pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.
- Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.
- Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos.

### **2.2.2.5. PATOLOGÍAS PCI IDENTIFICADAS POR EL MÉTODO PCI**

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 un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad 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 siguiente se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

**Cuadro Nº 02**  
**Niveles de patologías de pavimentos según rango de PCI**

<b>Rango PCI %</b>	<b>Color</b>	<b>Estado</b>
0-10		Falla
11-25		Muy Malo
26-40		Malo
41-55		Regular
56-70		Bueno
71-85		Muy Bueno
86-100		Excelente

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.

Se debe establecer el Inventario de Pavimentos; es decir, los pavimentos se separan definiéndose los siguientes conceptos:

**RED:** El conjunto de pavimentos a ser administrados (todas las calles pavimentadas es una red).

**RAMA:** Parte fácilmente identificable de la red (p. ej.: las cuadras de una calle).

**SECCIÓN:** La menor unidad de administración con características homogéneas (p. ej.: tipo de pavimento, estructura, historia de construcción, condición actual, etc.).

El siguiente cuadro describe en resumen:

### Cuadro N° 03

#### Resumen del estado de pavimentos e intervención

PCI	ESTADO	INTERVENCION
0 - 30	Malo	Construcción
31 - 70	Regular	Rehabilitación
71 - 100	Bueno	Mantenimiento

### 2.2.2.6. 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 depresiones.

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 calle inspeccionada y para el personal en las cuadras.

### **2.2.2.7. 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 Deducidos" de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

#### **a) CÁLCULO DEL PCI PARA PAVIMENTOS CON CAPA DE RODADURA EN CONCRETO: NORMA ASTM D5340**

##### **CALCULO 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 ANEXO 1.

## b) CALCULO 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:

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

Donde:

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

VAR = Valor individual más alto de VR

Ingresar en la tabla del ANEXO 3 8 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 (ANEXO 3 del manual), para pavimentos para de concreto, con los valores de "Total" y "q" en la tabla de dicho anexo.

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.

### c) 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:

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

**N** (Sobre n)

Donde:

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.

### 2.2.2.8. MANUAL DE DAÑOS

#### a) 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: (Médium: 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 hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad. Para el caso de la presente investigación esta será recorrida a pie y se observara el grado de abultamientos o hundimientos.

**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 a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. Siendo la presente investigación para las diferentes calles de pavimento flexibles, se analizaran patologías cuya causa es debida al tránsito y al mal mantenimiento del pavimento en este caso se analizaran solo 9 fallas como se describen en el desarrollo del proyecto de tesis.

### 2.2.2.9. DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS

#### a. PIEL DE COCODRILO.

**Descripción:** Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m. El agrietamiento de piel de cocodrilo, ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito, tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como "grietas en bloque", el cual no es un daño debido a la acción de la carga). La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

### **Niveles de severidad**

L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

### **Medida**

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada.

Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

## Opciones de reparación

L: No se hace nada, sello superficial. Sobre carpeta.

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobre carpeta.

Reconstrucción.

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobre carpeta. Reconstrucción.

**FOTO N° 01**



Piel de cocodrilo de alta severidad

**FOTO N° 02**



Piel de cocodrilo de baja severidad

## **b. EXUDACIÓN.**

**Descripción:** La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

### **Niveles de severidad.**

L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

## **Medida**

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

## **Opciones de reparación**

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).

### **c. AGRIETAMIENTO EN BLOQUE.**

**Descripción:** Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por

cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

### **Niveles de severidad.**

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

### **Opciones de reparación**

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta

**FOTO N° 03**

Fisura de bloque de severidad media

**d. ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS).**

**Descripción:** Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado "tenting").

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.

Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "ondulaciones" (hinchamiento: swelling).

### **Niveles de severidad**

L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

### **Medida**

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

### **Opciones de reparación**

L: No se hace nada.

M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta.

### **e. CORRUGACIÓN.**

**Descripción:** La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

#### **Niveles de severidad**

L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

#### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

#### **Opciones de reparación**

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

#### **f. DEPRESIÓN.**

**Descripción:** Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las *depressiones* suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las *depressiones* pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las *depressiones* son formadas por el asentamiento de la sub-rasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropneumático. Los hundimientos a diferencia de las depressiones, son las caídas bruscas del nivel.

#### **Niveles de severidad.**

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm. M: 25.0 a 51.0 mm. H: Más de 51.0 mm.

#### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

#### **Opciones de reparación**

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo

#### **g. GRIETA DE BORDE.**

**Descripción:** Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

**Niveles de severidad.**

- L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.
- M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.
- H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

**Medida**

La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación

- L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.
- M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.
- H: Parcheo parcial – profundo.

FOTO N° 04



Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento

#### **h. GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA (DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND).**

Descripción: Este daño ocurre solamente en pavimentos, con superficie asfáltica contruidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las

dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

### **Niveles de Severidad**

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

## Medida

La grieta de reflexión de junta se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

## Opciones de Reparación

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.

## i. PELADURA Y EFECTO DE LA INTEMPERIE

**Descripción:** La Peladura y efecto de la intemperie están siempre en la superficie de desgaste del pavimento, causados por el desprendimiento de agregados y pérdida de la capacidad ligante del asfalto. Ellas pueden indicar que el asfalto de liga se ha rigidizado significativamente.

## Niveles de severidad

**L (bajo)-** Los agregados o el ligante ha comenzado a desgastarse, causando poco o ningún peligro potencial de FOD. (Ver figura X1.28). La

baja severidad se registra cuando el agregado superficial está expuesto a una profundidad de  $\frac{1}{4}$  del diámetro de la piedra.

**M (medio)** - Los agregados y/o el ligante, presentan desgaste, causando algún peligro potencial de FOD. La textura superficial es moderadamente áspera. (Ver figura X1.29). La severidad media se registra cuando el agregado superficial está expuesto a una profundidad de  $\frac{1}{2}$  del diámetro de la piedra.

**H (alto)**- Los agregados y/o el ligante presentan un importante desgaste, causando un alto peligro potencial de FOD. La textura superficial es severamente rugosa y picada o con agregados sueltos (piedras) o asfalto de liga rigidizado triturado y suelto. (Ver figura X1.30). La alta severidad se registra en áreas donde la capa superior del agregado en el área de medición se ha desprendido a causa de la fricción.

#### FOTO N° 05



Grieta de reflexión de junta

## **j. HINCHAMIENTO.**

**Descripción:** El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la sub-rasante o por suelos potencialmente expansivos.

### **Nivel de severidad**

L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

El hinchamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

### **Opciones de reparación**

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

FOTO N ° 06



Falla de inchamiento

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

### 2.3.1. Fallas del pavimento.

Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas de tráfico, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas.

### 2.3.2. Grado de la condición del pavimento.

Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre "fallado" hasta "excelente".

### 2.3.3. Índice de condición del pavimento (PCI).

Es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un

pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

#### **2.3.4. Muestra al azar.**

Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.

#### **2.3.5. Muestra adicional.**

Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin de incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento.

#### **2.3.6. Odómetro Manual.**

Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, etc.

#### **2.3.7. Pavimentación**

El pavimento es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural. El pavimento funciona como sustento de los seres vivos y de las cosas.

#### **2.3.8. Red de pavimento.**

Es el conjunto de pavimentos a ser administrados, es una sola entidad y tiene una función específica. Por ejemplo, un aeropuerto o una avenida, es una red de pavimento.

### **2.3.9. Regla o Cordel.**

Para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.

### **2.3.10. Sección de pavimento.**

Es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.

### **2.3.11. Tramo de pavimento.**

Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.

### **2.3.12. Unidad de muestra del pavimento.**

Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de  $225 \pm 90 \text{ m}^2$ , si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas

## CAPÍTULO III

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Para garantizar la confiabilidad y validez de los instrumentos de recolección de datos se ha empleado diversas técnicas como la prueba piloto y el coeficiente alfa de Cronbach.

Para tales efectos se ha seguido el siguiente procedimiento:

##### **a) Selección de indicadores a partir de la operacionalización.**

Para buscar la pertinencia de los indicadores o ítems del instrumento y de este modo garantizar la validez de contenido, se ha realizado la operacionalización de las variables de estudio, especialmente de la variable dependiente.

Este proceso de operacionalización, es un mecanismo que concretiza las variables generales que tienen un sentido abstracto, en variables empíricas de modo que sean medibles.

### **b) Elaboración de los instrumentos correspondientes.**

Con estos indicadores seleccionados, se ha elaborado los instrumentos de recolección de datos y se ha especificado las escalas de medición de cada uno de los indicadores tomados en cuenta.

### **c) Sometimiento a un juicio de expertos.**

El Juicio de expertos, es un mecanismo o procedimiento muy empleado para la validación de los instrumentos de recolección de datos, más aún si éstos son no estandarizados.

El juicio de expertos, se establece recopilando opiniones emitidas por informantes calificados acerca de la validez de contenido del cuestionario y de la escala de actitud.

Se entiende por validez la coherencia entre lo que el instrumento pretende medir y lo que con ello se pretende observar. En otras palabras, lo que se busca es constatar, si es coherente la relación entre las preguntas que se han formulado con las variables seleccionadas.

Para este propósito se ha solicitado a 4 expertos que son conocedores de este aspecto, y como tal tienen autoridad y formación académica para tal efecto, quienes han emitido sus juicios valorativos, de acuerdo con los indicadores considerados para tal fin.

Los resultados obtenidos con el juicio de expertos se han validado mediante el Coeficiente Alfa de Cronbach

## Validación del instrumento mediante coeficiente Alfa de Cronbach

Este coeficiente Alfa de Cronbach es un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y que sirve para comprobar si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa y por tanto nos llevaría a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes.

Alfa es por tanto un coeficiente de correlación al cuadrado que, a grandes rasgos, mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que, efectivamente, se parecen. Su interpretación será que, cuanto más se acerque el índice al extremo 1, mejor es la fiabilidad, considerando una fiabilidad respetable a partir de 0,75. Su fórmula estadística es la siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Donde:

K: El número de ítems

$S_i^2$ : Sumatoria de Varianzas de los Ítems

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los Ítems

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Al aplicarse esta fórmula a los indicadores de los que se constituyen el instrumento empleado para evaluar la vulnerabilidad o el riesgo sísmico de las viviendas autoconstruidas del distrito de Subtanjalla, el análisis correspondiente arrojó el siguiente resultado:

K: El número de ítems = 15

$S_i^2$  : Sumatoria de Varianzas de los Ítems = 18,2

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los Ítems = 78.2

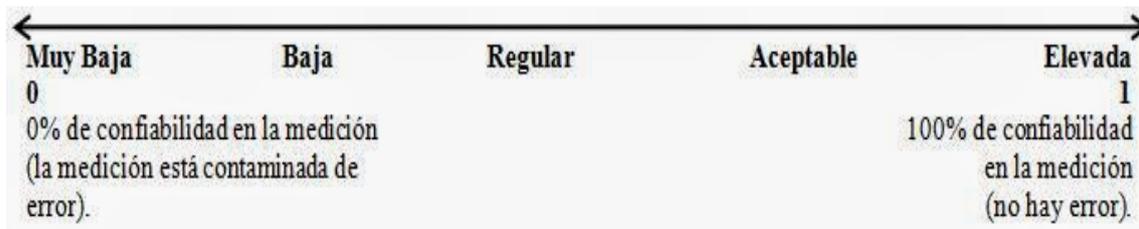
$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Procesando los datos se obtuvo:

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach = 0,785

Este índice de Alfa de Cronbach de 0.785 significa que existe alta consistencia de estabilidad del instrumento empleado para la recolección de los datos, de modo que los resultados que mide este instrumento es confiable

La confiabilidad se refiere a la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos; es decir, se refiere al grado en que la aplicación repetida del instrumento, al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados



#### d) Validación en prueba piloto de los instrumentos.

Consistió en la aplicación experimental "en campo", de los instrumentos de recolección de datos, una vez que se ha mejorado mediante el juicio de expertos. Esta prueba piloto, fue con la finalidad de lograr los siguientes objetivos:

- Verificar si los ítems considerados en los instrumentos incluyen todas las variables necesarias para el estudio, además se ha buscado tener información sobre si las alternativas son exhaustivas y excluyentes.
- Observar la pertinencia de los ítems (del instrumento) al entorno o a la especificidad de la variable de estudio.
- Verificar si el tiempo previsto es o no suficiente de acuerdo con la naturaleza del instrumento y la situación cultural de los encuestados.
- Asimismo para verificar el aspecto de la receptividad de los reactivos de cada instrumento de los sujetos en estudio.
- La posibilidad de identificar potenciales sesgos en los resultados del instrumento.

En conclusión, la prueba piloto es con la finalidad de verificar la validez interna y externa del instrumento.

### 3.2. DETERMINACIÓN DEL AMBITO DE ESTUDIO

El ámbito de estudio constituye la Av. Que cruza el asentamiento humano San Martín, desde el grifo "San Martín" hasta el inicio del Conjunto habitacional FONAVI II Etapa. Esta avenida, tiene una longitud de 3 Km con un ancho de 6 metros.

### 3.3. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende: una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos y una segunda fase que será el cálculo.

Para la evaluación de pavimentos, **La clase**, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de Pavimentos..

**La severidad**, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. (8). De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo

a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de transito:

-**Bajo, (B):** se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad. (Shahin, M. Y, 2005)

- **Medio, (M):** las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad. (Shahin, M. Y, 2005)

- **Alto, (A):** las vibraciones en el vehículo son tan excesivas, que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; 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. (Shahin, M. Y, 2005)

La *calidad del tránsito* se determina, recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal. Las secciones del pavimento cercanas, a las señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es *la extensión*, qué se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas.

De acuerdo al tipo de pavimento al cual se esté realizando la evaluación, se contará con el formato adecuado en el cual se registra en los datos de campo. Los formatos de evaluación se los puede encontrar en el Anexo A, figura A.1 y A.2; para pavimento asfáltico y de concreto respectivamente.

### **División del Pavimento en Unidades de Muestra**

Una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento. (Shahin, M. Y, 2005)

De acuerdo al tipo de pavimento que cuenta la vía a evaluar que en este caso es Pavimentos de Asfalto, se cuenta con un ancho de 6.00 m. y un largo de 920 m, lo cual indica que el área de muestreo es de 5520 m<sup>2</sup>; por lo que se ha seleccionado mediante el azar sistemático se ha determinado 10 muestras de 30 m<sup>2</sup> cada una, en la que se ha identificado las fallas existentes.

## **Determinación de las Unidades de Muestreo para la Evaluación**

En la evaluación del Índice de Condición Presente (PCI) de pavimentos de acuerdo al tamaño de la muestra y con el fin de optimizar el método, se ha realizado de la siguiente manera.

### **PROCESO DE EVALUACIÓN**

El procedimiento usado para llevar a cabo el proceso de recolección de datos del PCI, para pavimento de superficie se determinó examinar a toda la vía que se ha tomado en cuenta como muestra.

El procedimiento de inspección para pavimentos con superficies de asfalto se llevó a cabo llenando los indicadores de la ficha respectiva, identificada como el formato A 1, presentado en anexos.

Se siguió el procedimiento descrito en el manual de danos de la Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de un Pavimento, esto con el fin de obtener un PCI confiable. La evaluación de la condición se hizo empleando los correspondientes instrumentos.

#### **Procedimiento:**

Se inspecciona la unidad de muestra para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo al Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se debe conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimiento de medida de daños. Se usa un formulario u *“hoja de información de exploración de la condición”* para cada unidad de muestreo y en los

## **Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo**

Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo del PCI está basado en los “*valores deducidos*” de cada daño, de acuerdo a la cantidad y severidad reportadas.

El cálculo del PCI, se realizó manualmente de la siguiente manera:

### **Cálculo del PCI para pavimentos con Superficie Asfáltica**

Con la finalidad de facilitar el entendimiento del cálculo del PCI, se ha descrito mediante diversos pasos:

#### **PASO 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD):**

**1. a** Se totalizó cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna de “Total” del formato A.1. El daño puede medirse en área, longitud o por su número según sea el tipo. Por ejemplo, al mostrarse un ejemplo de cálculo; con los datos recogidos de campo que son: falla tipo piel de cocodrilo, numerada como 1, severidad baja y por ejemplo con los valores tomados de campo que serían, 9.4, 8.8 y 1.5, que sumados dan 19.70. Ese valor se lo coloca en la columna de total.

**1. b** Se divide la “Cantidad total” de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el “área muestra” de la unidad de muestreo y exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “densidad” del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

**1. c.** Se determina el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas o tablas denominadas “*valor deducido del*

*daño*", que se encuentra en el anexo B; de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

**PASÓ 2: Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):**

- 2. a. Si ninguno o tan solo uno de los "*valores deducidos*" es mayor que 2, se usa el "valor deducido total" en lugar del "valor deducido corregido" (CDV), obtenido en el Paso 4; de lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b y 2.c.
- 2. b. Se lista los valores deducidos individuales en orden descendente.
- 2. c. Se determina el "*Número Máximo de Valores Deducidos*" (m), utilizando la siguiente ecuación, para carreteras pavimentadas, a modo de ejemplo:

$$m_i = 1.00 + 998 \cdot 100.00 - HDV_i$$

Ecuación N° 4

Donde:

$m_i$ -	Número máximo admisible de "valores deducidos, incluyendo la fracción para la unidad de muestreo $i$ . ( $m_i \leq 10$ ).
$HDV_i$ -	El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo $i$ .

De acuerdo al ejemplo de la figura 8, tenemos:  $m_i = 1.00 + 998 \cdot 100.00 - HDV_i$

$$m_i = 1.00 + 998 \cdot 100.00 - 35.36$$

$$m_i = 6.94$$

**2. d** El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan los que se tengan.

**PASÓ 3:** *Determinación del máximo valor deducido corregido (CDV):*

Este paso se lo realiza mediante un proceso iterativo que se lo describe a continuación:

**3. a** Determine el número de valores deducidos ( $q$ ) mayores que 2. En el ejemplo de la figura 8,  $q=2$ .

**3. b** Determine del "*valor deducido total*" sumando todos los valores deducidos individuales. Siguiendo el ejemplo, se suma los valores 35.36, 31.12 y 0.64; que da un total de 67.12.

**3. c** Determine el CDV con el  $q$  y el "*valor deducido total*" en la curva de corrección, de acuerdo al tipo de pavimento. En este ejemplo es  $q=2$  por lo tanto el valor leído en las tablas será 49.26.

**3. d** Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales, que sea mayor a 2 y repita las etapas 3.a hasta 3.c. Este proceso se repite hasta que se cumpla la condición que " $q$ " sea igual a 1.

**3. e** El "máximo CDV" es el mayor valor de los CDV obtenidos en el proceso de iteración indicado. Siguiendo el ejemplo, el máximo valor de CDV es 49.26.

**PASO 4:** Calcule el PCI, restando el "máximo CDV" de 100.

$$PCI=100-\text{máx.}CDV \quad \text{Ecuación N}^\circ 5$$

Donde:

*PCI* - Índice de condición presente

*máx. CDV*- Máximo valor corregido deducido

Siguiendo el ejemplo:  $PCI=100-\text{máx.}CDV$

$$PCI=100-49.26$$

$$PCI=62.00$$

Por lo tanto siguiendo este ejemplo, la clasificación del PCI será "Bueno".

### **3.4. ANÁLISIS DE FALLAS OBTENIDOS COMO RESULTADO**

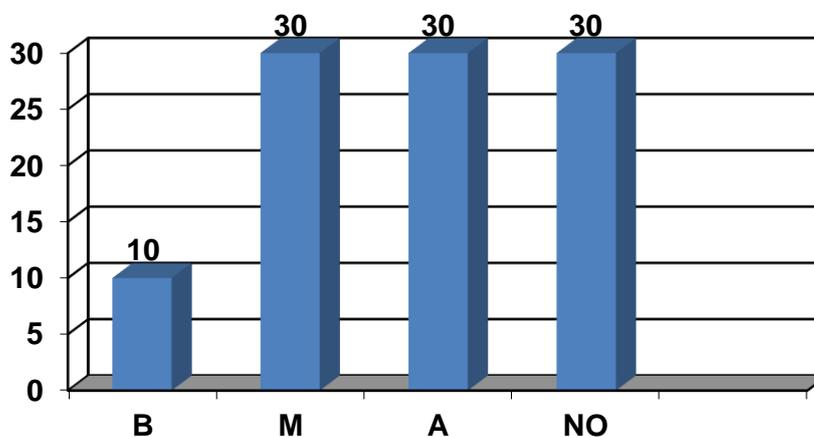
De acuerdo con las escalas de medición de las variables investigadas se ha elaborado cuadros estadísticos, analizado e interpretado, en función de indicadores referidos a la clase de degradación o falla y la severidad de los mismos.

El análisis de las fallas o las anomalías encontradas se presenta de acuerdo con la clase de anomalía y en función de los grados de severidad, de la siguiente manera:

**CUADRO N° 04**  
**Grados de severidad de Piel de cocodrilo en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016**

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
B = Baja	1	10
M = Media	3	30
M = Alta	3	30
NO	3	30
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Gráfico N° 01**  
**Distribución porcentual de los grados de severidad de Piel de cocodrilo en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016**



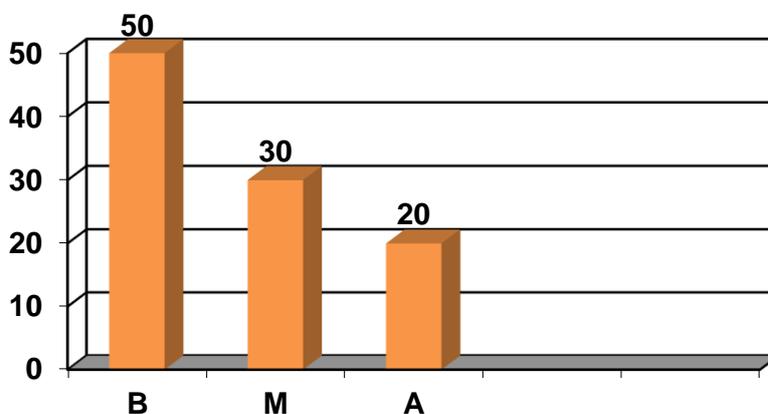
**INTERPRETACION**

De acuerdo con los datos observados en el cuadro N° 04, referido a la falla Piel de cocodrilo, se evidencia que en el ámbito de estudio, solo un 10 % de las unidades observadas se ubican en el grado de severidad baja, un 30 % tiene la severidad medio y un 30% severidad alta. En resumen en el 30% de las unidades de observación, no se observó esta falla.

**CUADRO N° 05**  
**Grados de severidad de Agrietamiento en bloque en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016**

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
B = Baja	4	40
M = Media	4	40
M = Alta	2	20
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

**Gráfico N° 02**  
**Distribución porcentual de grados de severidad de Agrietamiento en bloque en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016**



**INTERPRETACION**

De acuerdo con los datos observados en el cuadro N° 05, referido a la falla agrietamiento en bloque, se observa que en el ámbito de estudio, el 50% de las unidades observadas se ubican en el grado de severidad baja, otros 30 % tiene la severidad medio y un 20% severidad alta. En resumen el 50% de la muestra observada tiene bajo grado de agrietamiento en bloque.

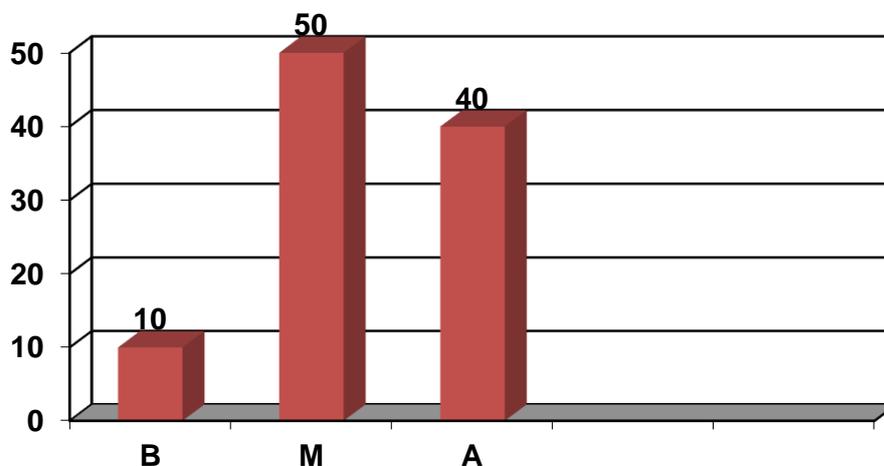
### CUADRO N° 06

#### Grados de severidad de Abultamientos y hundimientos en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
B = Baja	1	10
M = Media	5	50
M = Alta	4	40
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

### Gráfico N° 03

#### Distribución porcentual de grados de severidad de Abultamientos y hundimientos en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016



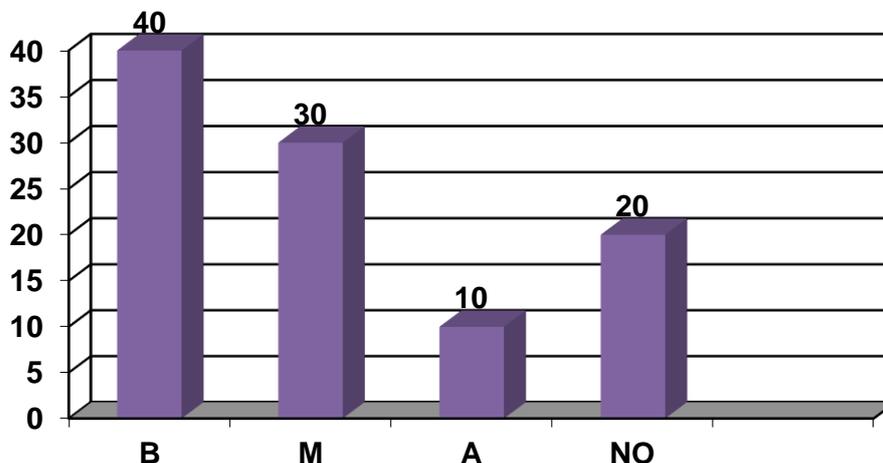
### INTERPRETACION

De acuerdo con los datos observados en el cuadro N° 06, referido al abultamiento y hundimiento, se evidencia que en el ámbito de estudio, solo un 10 % de las unidades observadas se ubican en el grado de severidad baja, pero un 50 % tiene la severidad medio y un 40% severidad alta.

**CUADRO N° 07**  
**Grados de severidad de Corrugación en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016**

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
B = Baja	4	40
M = Media	3	30
M = Alta	1	10
NO	2	20
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Gráfico N° 04**  
**Distribución porcentual de grados de severidad de Corrugación en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016**



**INTERPRETACION**

De acuerdo con los datos observados en el cuadro N° 07, referido a la corrugación, se evidencia que en el ámbito de estudio, un 40 % de las unidades observadas se ubican en el grado de severidad baja, un 30 % tiene la severidad medio y un 10% severidad alta. Asimismo, un 20 % de las unidades observadas no presentan esta falla.

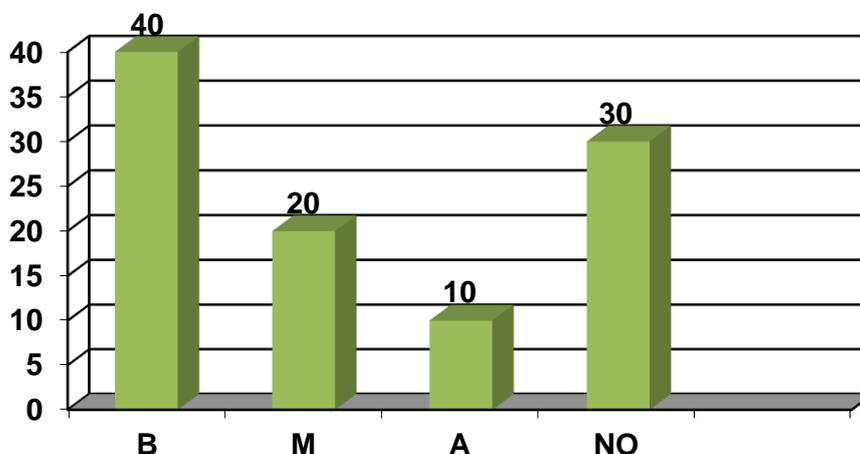
### CUADRO N° 08

#### Grados de severidad de Depresión en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
B = Baja	4	40
M = Media	2	20
M = Alta	1	10
NO	3	30
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

### Gráfico N° 05

#### Distribución porcentual de los grados de severidad de Depresión en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016



#### INTERPRETACION

Según Los resultados del cuadro N°8, referido a la falla de Depresión, se evidencia que en el ámbito de estudio, un 40 % de las unidades observadas se ubican en el grado de severidad baja, un 20 % tiene la severidad medio y un 30% severidad alta. Del mismo modo se observa que un 30 % de las unidades observadas no tienen depresión.

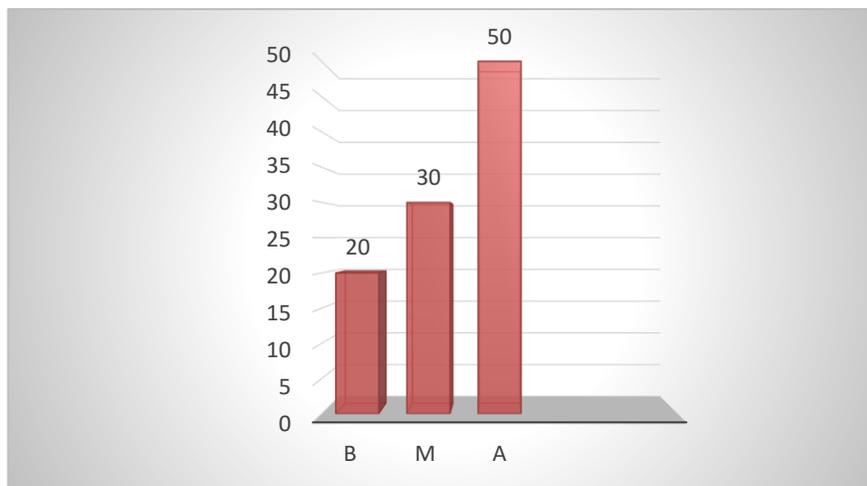
### CUADRO N° 09

#### Grados de severidad de Grieta de borde en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
B = Baja	2	20
M = Media	3	30
M = Alta	5	50
TOTAL	10	100

### Gráfico N° 06

#### Distribución porcentual de los grados de severidad de Grieta de borde en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016



### INTERPRETACION

De acuerdo con los datos observados en el cuadro N° 09, referido a las grietas de borde, se observa que en el ámbito de estudio, solo un 20 % de las unidades observadas se ubican en el grado de severidad baja, un 30 % tiene la severidad medio y un 50% severidad alta. En resumen el 80% de la muestra observada tiene media y alta falla de grietas de borde.

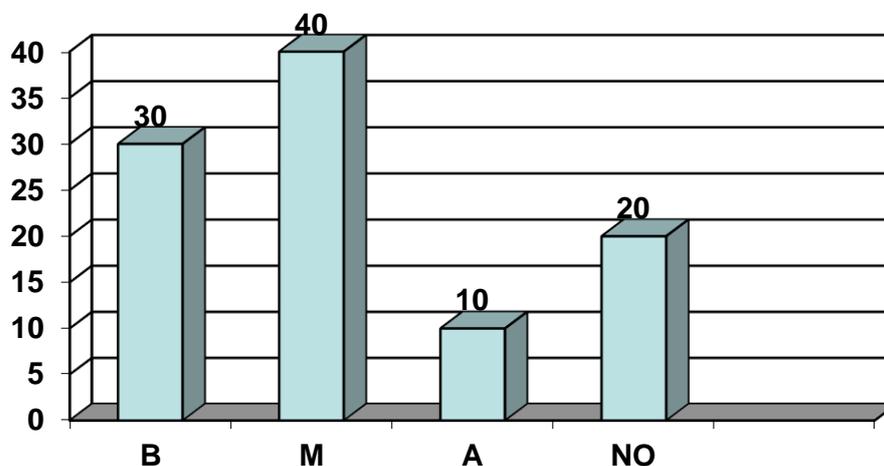
### CUADRO N° 10

#### Grados de severidad de Parcheo y acometimiento de servicio público en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
<i>B = Baja</i>	3	30
<i>M = Media</i>	4	40
<i>M = Alta</i>	1	10
<i>NO</i>	2	20
<i>TOTAL</i>	<b>10</b>	<b>100</b>

### Gráfico N° 07

#### Distribución porcentual de los grados de severidad de parcheo en la Av. Principal del poblado de San Martín – 2016



#### INTERPRETACION

De acuerdo con los datos del cuadro N° 10, referido al parcheo, se observa que un 30% de las unidades observadas presentan severidad baja de parcheo, un 40 % severidad media de parcheo, un 10% severidad alta; asimismo un 20 % no presentan parcheo.

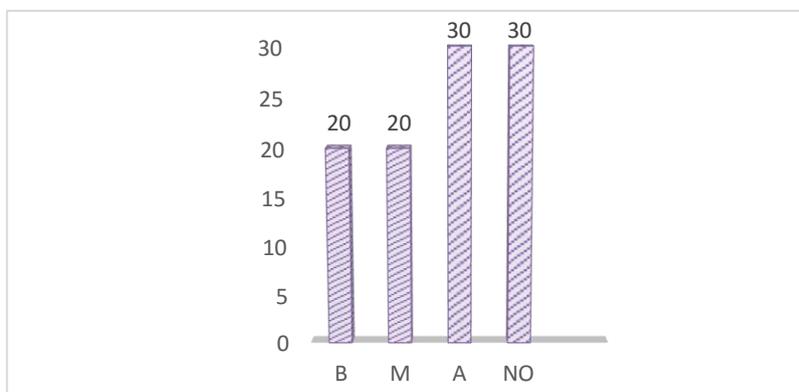
### CUADRO N° 11

#### Grados de severidad de Huecos en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
<b>B = Baja</b>	2	20
<b>M = Media</b>	2	20
<b>M = Alta</b>	3	30
<b>NO</b>	3	30
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

### Gráfico N° 08

#### Distribución porcentual de los grados de severidad de los huecos en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016



### INTERPRETACION

De acuerdo con los datos observados en el cuadro N° 11, referido a la falla de huecos, se observa que un 20 % de las unidades observadas tienen huecos con baja severidad, otros 20% con severidad media, un 30 % severidad alta y asimismo, un 30 de las unidades observadas no presentan esta falla.

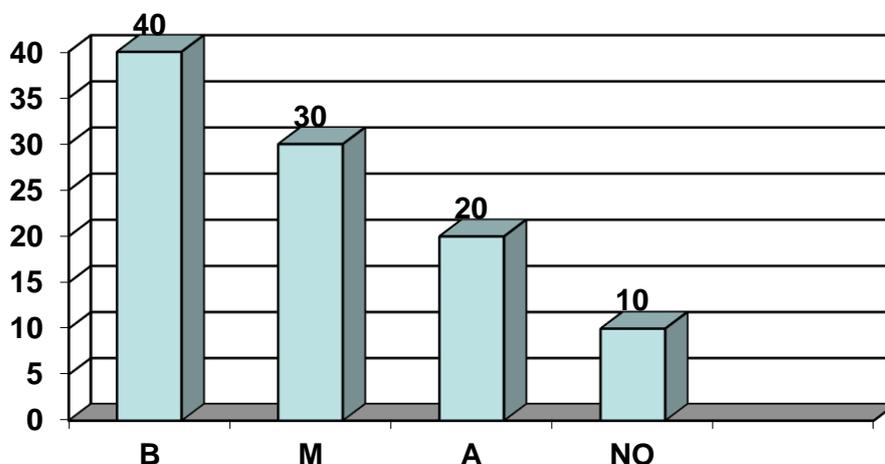
### CUADRO N° 12

#### Grados de severidad de Hinchamiento en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016

GRADOS DE SEVERIDAD	F	%
<b>B = Baja</b>	4	40
<b>M = Media</b>	3	30
<b>M = Alta</b>	2	20
<b>NO</b>	1	10
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

### Gráfico N° 09

#### Distribución porcentual de los grados de severidad de hinchamientos en la Av. Principal del poblado de San Martín - 2016



### INTERPRETACION

De acuerdo con los datos observados en el cuadro N° 12, referido a los grados de severidad del hinchamiento, un 40% de las unidades observadas presenta hinchamiento de severidad baja, un 30% severidad media, un 20% severidad alta, y un 10 % de las unidades observadas no presenta esta falla.

### CUADRO N° 13

#### Índice de Condición de Pavimento, según tipo de fallas

UNIDAD DE MUESTRA	FALLAS	RANGO	PCI	CLASIFICACIÓN DESCRIPCION
7 Unidades	Piel de cocodrilo	55 – 40	45	Regular
10 Unidades	Agrietamiento en bloque.	55 – 40	44	Regular
10 Unidades	Abultamientos y hundimientos	55 – 40	48	Regular
8 Unidades	Corrugación	55 – 40	42	Regular
7 Unidades	Depresión	55 – 40	40	Regular
10 Unidades	Grieta de borde.	25 – 10	19	Muy malo
8 Unidades	Parcheo y acometimiento de servicio publico	25 – 10	24	Muy malo
7 Unidades	Huecos	55 – 40	40	Regular
9 Unidades	Hinchamiento	40 – 25	35	malo
	<b>TOTAL</b>		337	
	– X		<b>37.4</b>	<b>Malo (deficiente)</b>

### CUADRO N° 14

#### Cuadro de rango y clasificación.

RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

## **ANALISIS E INTERPRETACION DEL CUADRO N° 13**

El cuadro N° 13 contiene datos relativos al índice de condición del pavimento obtenido en cada una de las fallas determinadas en la evaluación efectuada en la Av. Principal del poblado San Martín – Ica.

Como se observa en estos resultados, el PCI resultante en las fallas de Piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, corrugación, depresión y huecos es regular, siendo el puntaje de 45, 44, 48, 42, 40 y 40 respectivamente el PCI.

Asimismo, las grietas del parcheo y acometimiento de servicio público es muy malo, siendo el PCI 19 y 24 respectivamente.

De la misma manera, el promedio global del PCI de todas las fallas detectadas, es de 37.4 puntos que corresponde a la categoría de mal.



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN  
LA AV. PRINCIPAL DEL POBLADO DE "SAN MARTIN" – ICA – 2016"  
PRESENTADO POR EL BACHILLER: GALINDO GARCIA CARLOS ALEJANDRO

---

## **CAPÍTULO IV**

### **PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

#### **4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS**

Para la prueba de las hipótesis, se ha seguido el procedimiento siguiente: primeramente se plantean las hipótesis nulas y luego las hipótesis alternas.

A partir de ello se recurre a los datos empíricos presentados en los cuadros estadísticos, de cuyo análisis e interpretación se deduce la confirmación o el rechazo de cada hipótesis.

#### **4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

##### **4.2.4. PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1**

Para este caso la hipótesis nula 1 y alterna 1 son las siguientes:

### **HIPOTESIS NULA 1:**

Los factores principales, asociados a la condición deficiente según, el índice de condición del pavimento (PCI) de la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016, NO son: el incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir la obra, la ejecución de otras obras dentro del curso de la vía pavimentada, la falta de cultura de mantenimiento.

### **HIPOTESIS ALTERNA 1:**

Los factores principales asociados a la condición deficiente según el índice de condición del pavimento (PCI) de la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016, son: el incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir la obra, la ejecución de otras obras dentro del curso de la vía pavimentada, la falta de cultura de mantenimiento.

Para aceptar o rechazar la Hipótesis Nula 1 se toman como referencia los resultados obtenidos y presentados en los cuadros del 4 al 12 en los mismos que se ha evidenciado cada una de las fallas o deficiencias según el manual de evaluación de pavimentos flexibles.

El análisis de cada una de las fallas nos indica que la principal causa de estas fallas no es tanto el uso de esta vía, sino fundamentalmente las sucesivas excavaciones para ejecutar obras de saneamiento de agua y

desagüe que cortaron la vía asfaltada en el frontis de cada lote así como la construcción de la matriz de agua y desagüe que precisamente pasa por el extremo y a todo el largo de la vía.

A todo esto se suma el incumplimiento de los estándares de calidad y seguridad que al momento de concluir estas excavaciones de saneamiento no se tomaron en cuenta o simplemente no se cumplieron. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula 1, que niega la existencia del incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir y reconstruir la vía después de la ejecución de otras obras dentro del curso de la vía pavimentada y la falta de cultura de mantenimiento.

## **PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se plantea la hipótesis nula y la hipótesis alterna de la siguiente manera:

### **Hipótesis nula 2**

Para evitar el estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martín" Ica – 2016, NO resulta coherente y viable la implementación de medidas preventivas que garanticen que las empresas ejecutoras de otras obras en el ámbito de la pavimentación cumplan estándares de seguridad, así como fortalecer la cultura de mantenimiento en los usuarios

## **Hipótesis alterna 2**

Para evitar el deterioro el estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martín" Ica – 2016, resulta coherente y viable la implementación de medidas preventivas que garanticen que las empresas ejecutoras de otras obras en el ámbito de la pavimentación cumplan estándares de seguridad, así como fortalecer la cultura de mantenimiento en los usuarios

Para aceptar o rechazar la Hipótesis Nula 2 se toman como referencia lo dispuesto en el manual de evaluación del PCI, en el que está establecido las alternativas de mejora o tratamiento para cada una de las fallas o los deterioros identificados.

Considerando que el deterioro de la vía evaluada es el incumplimiento de los estándares de calidad al momento de reconstruir las excavaciones realizadas por las obras de saneamiento, es pertinente concluir que las empresas ejecutoras de estas obras de saneamiento en el curso de la vía asfaltada, cumplan con los estándares de seguridad y calidad que queden adecuadamente reparados después de ejecutadas dichas obras.

Como se observa en estos resultados, se rechaza la hipótesis nula que niega la implementación de medidas preventivas que garanticen que las obras de saneamiento ejecutadas después de que se haya construido la pavimentación, sean de calidad, se cumplan las normas de seguridad y

también se debe fortalecer la cultura de mantenimiento de la vía asfaltada.

### **4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL**

En la hipótesis general, la hipótesis nula y la hipótesis alterna es la siguiente:

#### **Hipótesis nula**

De acuerdo con el método Índice de Condición del Pavimento (PCI), NO existe un índice deficiente en la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica

#### **Hipótesis alterna**

De acuerdo con el método Índice de Condición del Pavimento (PCI), existe un índice deficiente en la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica

Para el caso de la prueba de la hipótesis general, se recurre a los datos presentados en el cuadro N° 13 en el que se presenta el resumen de la evaluación del PCI de cada una de las fallas detectadas en cada unidad de muestra.

En este cuadro N° 13 se muestra que el PCI obtenido en promedio es de 37.4 puntos que corresponde a la categoría de malo o estado deficiente. Este resultado nos permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, con lo que la hipótesis principal queda contrastada y validada.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **5.1. ESTADO Y LAS CAUSAS DEL DETERIORO DE LA VIA ASFALTADA.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), existe un índice deficiente en la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica, lo cual ha sido corroborado con los resultados obtenidos y presentados en el cuadro N° 13.

Asimismo se afirma que los factores principales asociados al estado deficiente, según el índice de condición del pavimento (PCI) de la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica, son: el incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir la obra, la ejecución de otras obras dentro del curso de la vía pavimentada, la falta de cultura de mantenimiento.

Del mismo modo que para evitar, el estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martín" Ica – 2016, se propone la implementación de medidas preventivas, que garanticen que las empresas ejecutoras de otras obras, en el ámbito de la pavimentación cumplan estándares de seguridad, así como fortalecer la cultura de mantenimiento en los usuarios.

En consecuencia, estas afirmaciones concuerdan con los resultados de otras investigaciones efectuadas por ejemplo por García y Valdivia (2005), Rodríguez (2009), quienes al investigar sobre pavimentos flexibles en diversos contextos, muestran evidencias de que el uso del PCI para este fin es no solo adecuado, sino que proporciona la información coherente para que se tomen las acciones de mejora, rehabilitación o mantenimiento que sean necesarios.

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y servicios.

En este orden de ideas, la estructura de pavimento -como parte de la infraestructura vial- juega un papel preponderante, ya que su objetivo es ofrecer a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico.

Conocer el estado de deterioro que tiene una vía es un componente vital en el sistema de mantenimiento de pavimentos, de modo que, mediante este se puede conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento. Existe un sin número de métodos, el PCI es uno de los más empleados por su sencillez y posibilidades de adecuación al ámbito de estudio.

Esta metodología tiene como objetivo primordial establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies con asfaltos y hormigón simple o reforzado. Se basa en los resultados de la inspección visual de los pavimentos, en la cual se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto identificar las posibles causas del deterioro.

## 5.2. CONCLUSIONES

- 1) El índice de Condición del Pavimento (PCI), de la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin"- Ica, es deficiente, puesto que este índice es de 37.4 que corresponde a un estado malo.
- 2) Las principales fallas detectadas en un estado de muy malo a regular, son el piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamientos, hundimientos, corrugación, depresión, grieta de borde, parcheo y acometimiento de servicio público, huecos e hinchamientos.
- 3) Los factores principales asociados a la condición mala del pavimento flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin" , Ica, son es el incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir la obra y fundamentalmente la ejecución de otras obras de saneamiento público sin las condiciones de calidad en el acabado y la falta de una cultura de mantenimiento.
- 4) El deterioro de la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin" Ica, no se debe a uso de esta vía, son principalmente la ausencia de factores preventivas, de mantenimiento y la ausencia del mantenimiento por los usuarios.

### 5.3. RECOMENDACIONES

- 1) Dado que las fallas detectadas en la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin"- Ica, son más que nada al control de calidad y mantenimiento, se debe implementar talleres de sensibilización y capacitación para los agentes implicados.
- 2) Dado las condiciones malas de la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin"- Ica, tienen efectos negativos en la calidad de la vía y que perjudican a los usuarios, es muy urgente que las autoridades correspondientes mejoren estas fallas.
- 3) La autoridad correspondiente para realizar e implementar mecanismos de control de esta vía de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", implementar mecanismos de control riguroso para garantizar el mantenimiento operativo de esta vía..
- 4) Se debe capacitar y sensibilizar a los usuarios de esta vía de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin" Ica, en lo relacionado a la cultura de mantenimiento, a fin de preservar la operatividad de esta vía.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

- 1.- Asociación de productores y pavimentadores asfálticos de Colombia  
Asopac (2004) Cartilla del pavimento asfáltico.
- 2.- AASHTO, "AASHTO (1993). Guide for Design of Pavement  
Structures", American Association of State Highways and  
Transportation Officials, Washington D.C., 1993.
3. - AASHTO, "AASHTO (1993). Guidelines for Pavement Management  
System", American Association of State Highways and  
Transportation Officials, Washington D.C., Julio 1990
4. - ASTM D 5340, "Standart Test Method for Airport Pavement Condition  
Index Surveys"
5. - ASTM D 6433, "Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement  
Condition Index Surveys"
- 6.- De Solminihac, Hernan. (2005). "Gestion de infraestructura vial". 3°  
edición. Alfaomega. Colombia

- 
- 7.- García C y Valdivia, (2005), "evaluación técnico –económicode diversas alternativas depavimentación del sector altoaguacamayo"
  - 8.- Montejo, F. Alonso (2006). "Ingeniería de Pavimentos: Evaluación y nuevas tecnologías". 3° edición. Bogotá 2006. Tomo II.
  - 9.- Montejo, F. Alonso. "Ingeniería de Pavimentos: fundamentos, estudios básicos y diseño". 3° edición. Bogotá 2006. Tomo I.
  - 10.- Manual práctico de Construcción – Arq. Jaime Nisnovich – Biblioteca Práctica dela Construcción El Hornero – Buenos Aires.
  - 11.- Montejo, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras, 2ed.Instituto Mexicano del Cemento y Concreto. Diseño y técnicas de construcción depavimentos de concreto. IMCYC. México 1985.
  - 12.- Moncayo V., Jesús. Manual de pavimentos. CECSA. México 1985.
  - 13.- Rico Rodríguez, A. y Del Castillo, H. (2005). La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, Volumen II. Edit. LIMUSA.México.
  14. - Shahin, M. Y, "Pavement Management for Aiports Roads anad Parkink Lots". Springer Science + Bussiness Media. LLC. Segunda edición 2005

- 15.- Rico Rodríguez a. y Del Castillo Mejía. (1994), "Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Volumen 2, México.
- 16.- Rodríguez, E. (200) cálculo del índice decondición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de castilla
17. - Shahin, M. Y (2005), "Pavement Management for Aiports Roads anad Parkink Lots". Springer Science + Bussiness Media. LLC. Segunda edición

## **ANEXOS**

## 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: "EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. PRINCIPAL DEL POBLADO DE "SAN MARTIN"-  
ICA -2016"**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>METODO</b>
<b>PG</b>	<b>OG</b>	<b>HG</b>	<b>V HG</b>	<b>I VHG</b>		
¿Cuáles son las condiciones fundamentales que presenta la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016, según el método Índice de Condición del Pavimento empleado?	Evaluar las condiciones fundamentales que presenta la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016, según el método Índice de Condición del Pavimento empleado	De acuerdo con el método Índice de Condición del Pavimento (PCI), existe un índice deficiente en la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica.	Método Índice de Condición del Pavimento (PCI),  Pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica	Niveles de severidad de la pavimentación flexible	Ficha técnica de niveles de severidad.  Escala de severidad de los daños	Tipo de investigación.  Investigación básica, evaluativa, no experimental de corte transversal  Población: Todos los habitantes del distrito de Subtanjalla.  Muestra: 80 viviendas autoconstruidas.  La técnica empleada para la elección de las unidades de la muestra es el muestreo intencionado.
<b>PE 1</b>	<b>OE 1</b>	<b>HE 1</b>		<b>IVHE 1</b>		
¿A qué factores principales está asociado el estado en que se encuentra la	Identificar los factores principales a los que está asociado el estado en que se	Los factores principales asociados a la condición deficiente según el índice de condición del pavimento (PCI) de la pavimentación	- Incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir la obra. - Ejecución de otras obras dentro del curso	Niveles de severidad de la pavimentación flexible	Ficha técnica de niveles de severidad.	

pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016?	encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016	flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016, son: el incumplimiento de los estándares de calidad al momento de construir la obra, la ejecución de otras obras dentro del curso de la vía pavimentada, la falta de cultura de mantenimiento	de la vía pavimentada. - Falta de cultura de mantenimiento	- <b>Bajo</b> - <b>medio</b> - <b>Alto</b>	Escala de severidad de los daños	
<p style="text-align: center;"><b>PE 2</b></p> ¿Cuáles son las alternativas de solución o de mejoramiento del estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016?	<p style="text-align: center;"><b>OE 2</b></p> Proponer las alternativas de solución o de mejoramiento del estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin", Ica – 2016.	<p style="text-align: center;"><b>HE 2</b></p> Para evitar el deterioro el estado de deterioro en que se encuentra la pavimentación flexible de la Av. Principal del asentamiento humano "San Martin" Ica – 2016, resulta coherente y viable la implementación de medidas preventivas que garanticen que las empresas ejecutoras de otras obras en el ámbito de la pavimentación cumplan estándares de seguridad, así como fortalecer la cultura de mantenimiento en los usuarios.	- Implementación de medidas preventivas que garanticen que las empresas ejecutoras de otras obras en el ámbito de la pavimentación cumplan estándares de seguridad.  - Fortalecer la cultura de mantenimiento en los usuarios.	<p style="text-align: center;"><b>IVHE 2</b></p> Niveles de severidad de la pavimentación flexible  - <b>Bajo</b> - <b>medio</b> - <b>Alto</b>	Ficha técnica de niveles de severidad.  Escala de severidad de los daños	

## 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### ESCALA DE CALIFICACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD SEGÚN LA NORMA AASHO:

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
4.0 – 5.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en sus categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 – 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores
3.0 – 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping
2.0 – 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye perdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 -0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie

### 3. FICHA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA

	DESCRIPCION DE LOS DAÑOS	NIVELES DE SEVERIDAD		
		B	M	A
1	Piel de cocodrilo			
2	Exudación			
3	Agrietamiento en bloque			
4	Abultamientos y hundimientos.			
5	Corrugación			
6	Depresión.			
7	Grieta de borde			
8	Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento pórtland).			
9	Desnivel carril/berma			
10	Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de Losas de concreto de cemento pórtland).			
11	Parcheo y acometidas de servicios públicos			
12	Pulimiento de agregados			
13	Huecos			
14	Cruce de vía férrea			
15	Ahuellamiento			
16	Desplazamiento			
17	Grietas parabólicas			
18	Hinchamiento			
19	Meteorización desplazamiento de agregados			

Fuente: Shahin, M. Y. (2005).Manual de daños para la evaluación de pavimentos con superficie asfáltica. Segunda edición. 2005, Pag 360 - 395

LEYENDA:

B = BAJO: M= Medio A: Alto



## 5. ILUSTRACIONES FOTOGRAFICAS

### 5.1.- FICHA TECNICA N°01

Tema: Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos  
Falla de Baches

Fecha:  
21/07/2012

FOTOGRAFIA N°07



UBICACION



Descripción:  
Observamos la foto el tipo de falla, es un desnivel q se encuentra alrededor o entre vías en la avenida Jorge Chávez.

## 5.2.- FICHA TECNICA N°02

Tema: Hundimiento

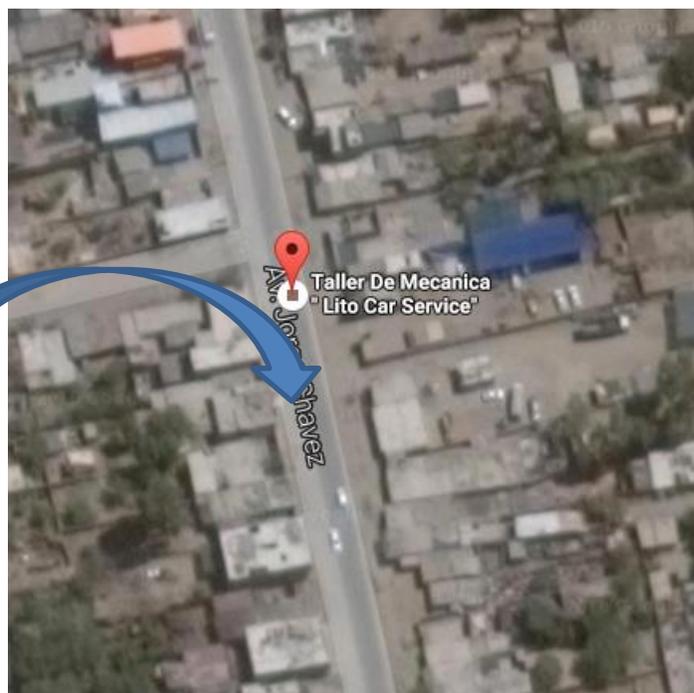
Fecha:  
01/08/2016

Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos

### FOTOGRAFIA N°08



### UBICACION



Descripción:  
Observando la foto se detalla el tipo de falla, hundimientos

### 5.3.- FICHA TECNICA N°03

Tema: Fallas hinchamiento, falla de borde

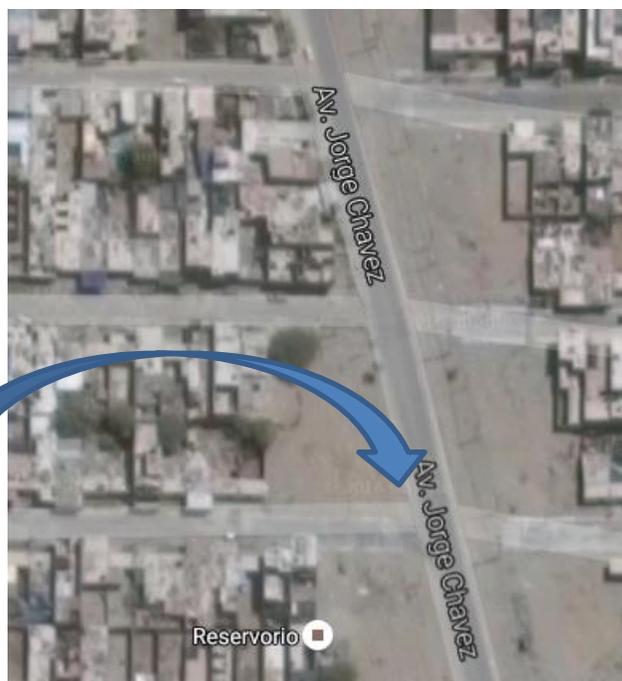
Fecha:  
01/08/2016

Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos

**FOTOGRAFIA N°09**



**UBICACION**



Descripción:

Observando la foto se detalla el tipo de falla, hinchamiento y varias fallas de borde

### 5.4.- FICHA TECNICA N°04

Tema: falla de borde

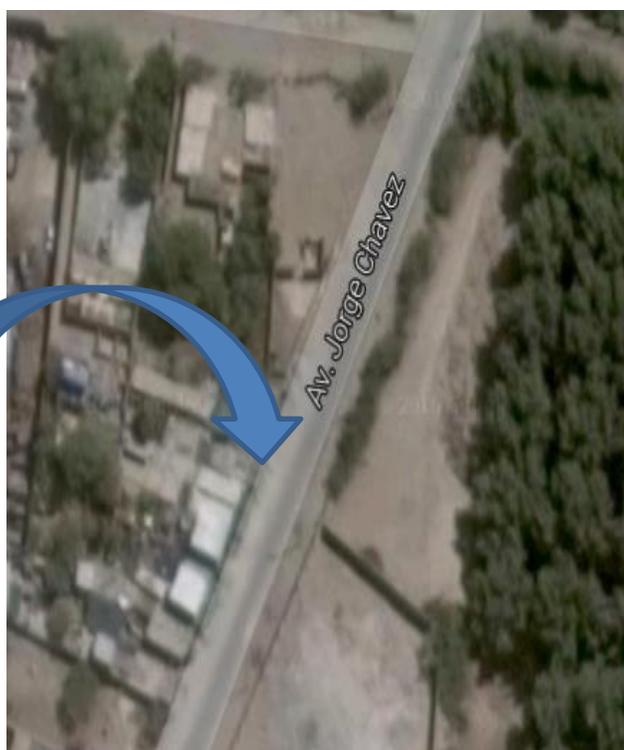
Fecha:  
01/08/2016

Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos

**FOTOGRAFIA N°10**



**UBICACION**



Descripción:

En esta foto se detalla fallas en los bordes, sin pavimento.

## 5.5.- FICHA TECNICA N°05

Tema: Fallas grietas en bloque

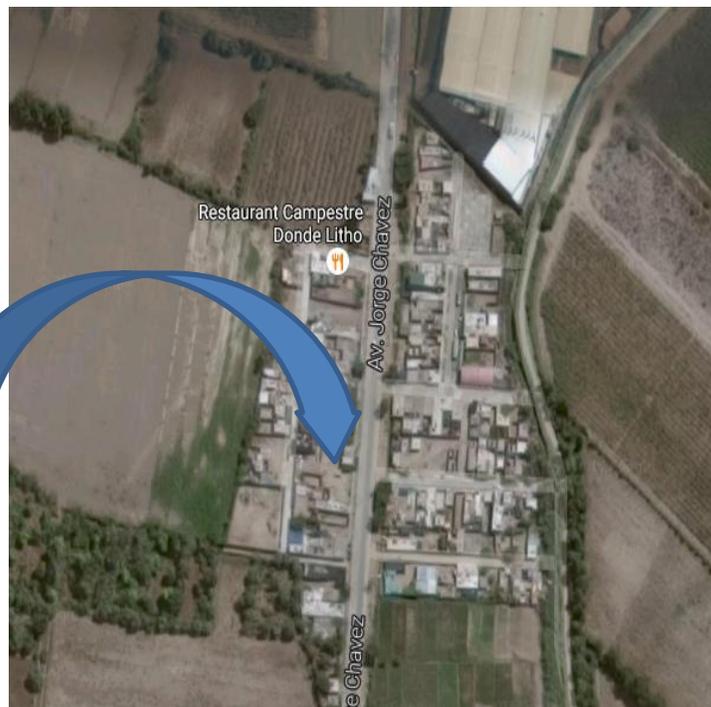
Fecha:  
01/08/2016

Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos

**FOTOGRAFIA N°11**



**UBICACION**



Descripción:  
Observamos el tipo de agrietamiento en bloque en diferentes zonas.

## 5.6.- FICHA TECNICA N°06

Tema: Fallas de parcheo y acometimiento de servicio publico

Fecha:  
01/08/2016

Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos

**FOTOGRAFIA N°12**



**UBICACION**



Descripción:

Vemos el mal acabado de acometimiento de servicio público.

### 5.7.- FICHA TECNICA N°07

Tema: Fallas de corrugación, depresión, piel de cocodrilo.

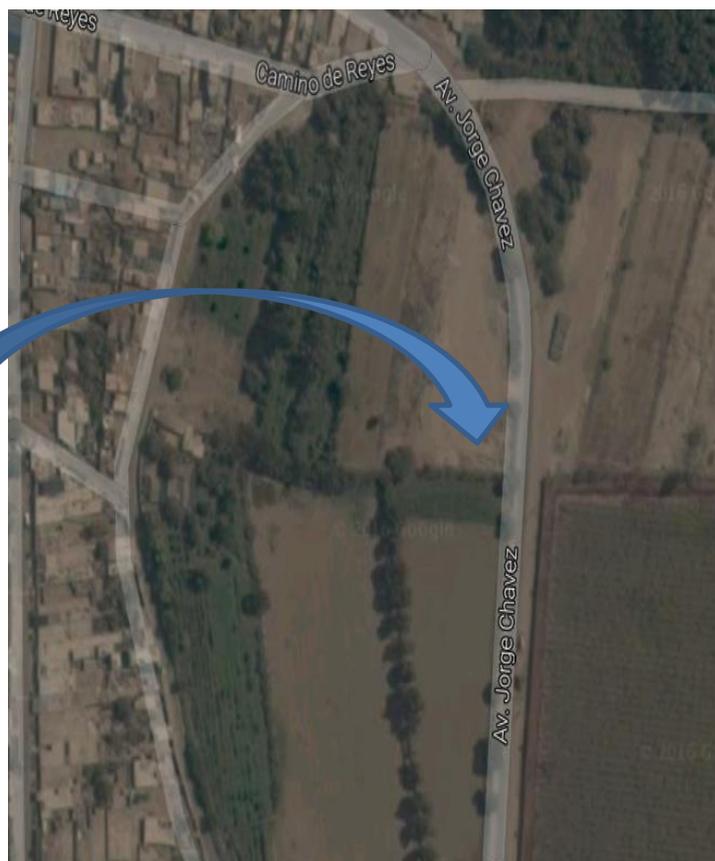
Fecha:  
05/08/2016

Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos

**FOTOGRAFIA N°13**



**UBICACION**



Descripción:

Se observa falla de corrugación, depresión muy pronunciada.

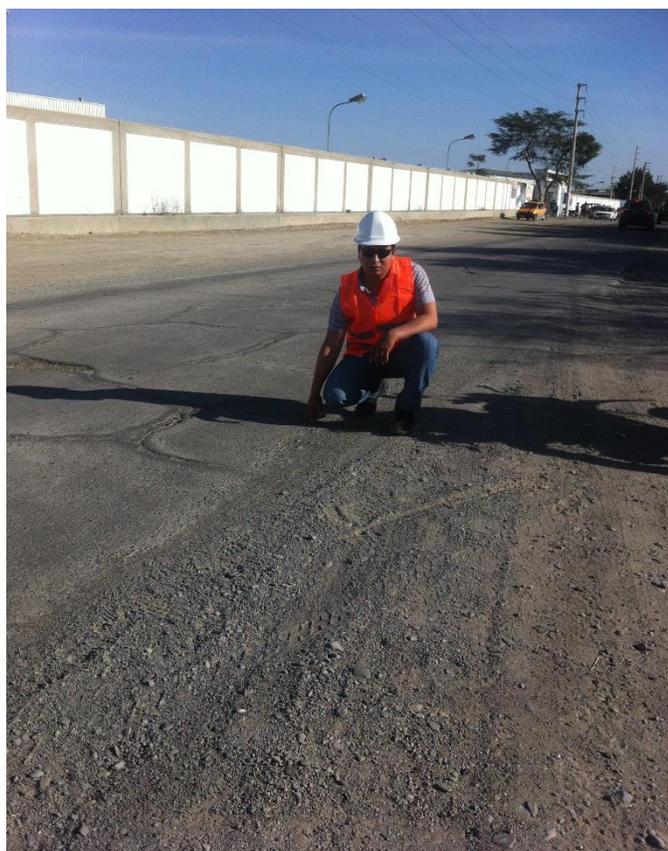
### 5.8.- FICHA TECNICA N°08

Tema: Fallas de agrietamiento en bloque

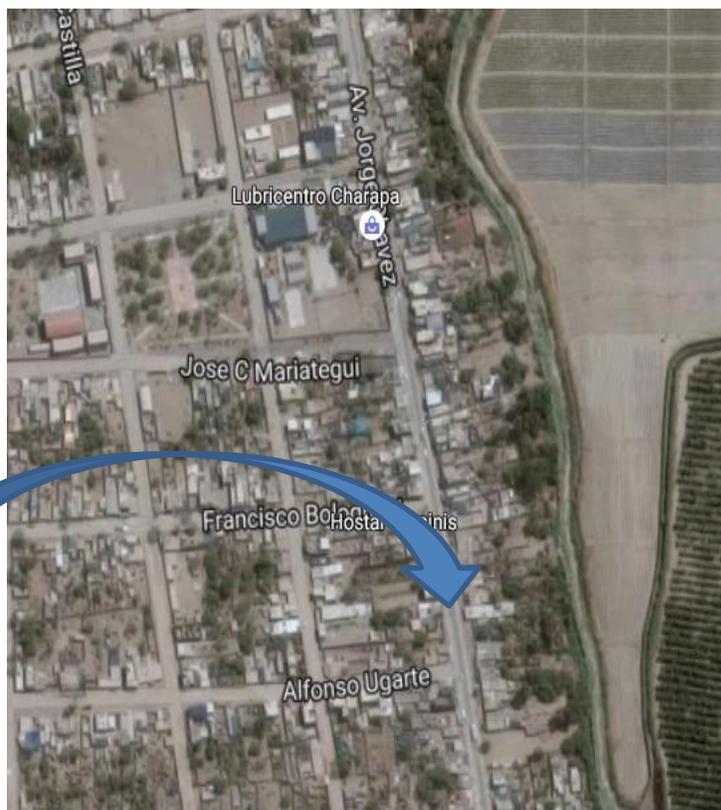
Fecha:  
05/08/2016

Responsable: bachiller Galindo Garcia Carlos

**FOTOGRAFIA N°14**



**UBICACIÓN**



Descripción:

Se presenta varios baches agrietamientos en bloque en diferentes sectores de la vía.

## **VALIDACION DE LA EVALUACION DE PAVIMENTO**



## **PLANOS DE UBICACIÓN LOCALIZACION DE LA INVESTIGACION**