



**UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VÍAS RURALES,  
CONSIDERANDO LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES: ESTUDIO CASO VÍA SANTA ROSA –BELLAVISTA – LA  
AVANZADA DEL CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO.”**

**AUTOR: CRISTÓBAL LEONARDO TENE NARVÁEZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL, MENCION VIALIDAD.**

**TUTOR: ING. JESUS ENRIQUE ESPINOZA CORREA M. Sc.**

**MACHALA**

**2022**

## PENSAMIENTO

“En nuestro país viene creciendo la conciencia y la práctica de la gestión vial promovida por nuevas políticas y asociada al surgimiento de las concesiones viales, asociaciones público-privadas, y contratos de mantenimiento de carreteras. Los indicadores principales de desempeño en el país son el Índice de Regularidad Internacional IRI, el Pavement Condition Index PCI. El primero se emplea para medir la servicialidad o transitabilidad y determina umbrales debajo de los cuales debe mantenerse la vía. El segundo se usa para inventariar los daños en las superficies de rodadura y poder planificar las intervenciones. Sin embargo, los dos son utilizables para ambos fines por cuanto todos mediante enfoques distintos evalúan la condición superficial de una calzada.”

(Chevarria Begazo, 2019)

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por permitirme culminar mis estudios de maestría y poder alcanzar el grado de magister en Ingeniería Civil.

A mis padres, Ángel Tene que desde algún lado del cielo me guía por el buen camino y Lucrecia Narváez, por su apoyo y motivación para continuar alcanzando mis metas propuestas.

A mis hermanos y familia, por el apoyo constante e incondicional en el recorrido de mi preparación intelectual y académica.

A Sandra Jessica Macas, por su constante apoyo incondicional y por sus consejos que me ayudan a mejorar como ser humano y profesional.

A mis hijas Zaray Ivanna y Aylin Ivanna, doy gracias a Dios por permitirme este privilegio tan grande y maravilloso de ser padre, y ellas serán mi mayor motivación para nunca rendirme.

A Imelda Sagbaicela, por ser una excelente compañera y por sus constantes consejos que me ayudaron a mejorar a mejorar mi estilo de vida.

## AGRADECIMIENTOS

- A Dios por bendecirme en todo aspecto de mi vida y guiarme por el camino correcto en cada paso que doy.
- A mi padre que me guía desde algún rinconcito del cielo, a mi madre y hermanos quienes son el pilar fundamental de mi vida para yo seguir adelante y gracias a ellos culmine el presente trabajo con mucha dedicación y esfuerzo.
- A Sandra Jessica Macas Silverio por ser la madre de mis hijos y por permitirme esta bendición, por sus valiosos consejos, apoyo y paciencia para guiarme y ayudarme a salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida, la cual quedare eternamente agradecido.
- A la Senescyt por la Beca Nacional otorgada y por todo el apoyo económico que se me ha entregado, como también a sus Directivos y Personal de Coordinadores que nos han sabido guiar en este proceso de Becado.
- A la Universidad Técnica de Machala, por haberme aceptado ser parte de ella y haber abierto las puertas de su claustro científico y estudiar en este excelente programa de maestría; a sus docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir día a día en la búsqueda de nuevos horizontes.
- Al Sr. Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, coordinador del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, por su paciencia y orientación permanente en la organización de las actividades académicas y logísticas
- Al Sr. Ing. Jesús Enrique Espinoza Correa, tutor de este trabajo de titulación, por su capacidad y oportuna orientación en el desarrollo de esta investigación.
- A los compañeros de la Maestría por sus aportes brindados en las clases y tareas, que me han permitido acrecentar mi amistad y apoyo moral en esta etapa de nuestras vidas.

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Los contenidos, ideas, criterios, análisis, conclusiones y propuesta emitidos en este informe del trabajo de investigación titulado “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, ESTUDIO CASO VÍA SANTA ROSA –BELLAVISTA – LA AVANZADA DEL CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO”, son de exclusiva responsabilidad del autor.



CRISTOBAL LEONARDO TENE NARVAEZ

C.I. 0704552348

Machala, 2022/05/31

## **REPORTE DE SIMILITUD CON PROGRAMA TURNITIN**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del trabajo de titulación “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, ESTUDIO CASO VÍA SANTA ROSA –BELLAVISTA – LA AVANZADA DEL CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO”, elaborado por el Ing. Cristobal Leonardo Tene Narváez, considero que ha sido realizado con prolijidad, fundamentación teórica y técnica; y, de acuerdo a los requisitos exigidos por la organización del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, mención Vialidad, por lo que autorizo su presentación ante las instancias de aprobación correspondiente.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a faint blue oval. The signature appears to read "J. E. Espinoza Correa".


ING. JESUS ENRIQUE ESPINOZA CORREA M. Sc.  
C.C. 0703391557

Machala, 2022/05/31

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ing. Cristobal Leonardo Tene Narváez, con cédula de ciudadanía No.- 0704552348, manifiesto en forma libre y voluntaria, ceder a la Universidad Técnica de Machala, los derechos de autor, consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4, 5, y 6 en calidad de autora del trabajo de titulación denominado “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VÍAS RURALES, CONSIDERANDO LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, ESTUDIO CASO VÍA SANTA ROSA – BELLAVISTA – LA AVANZADA DEL CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO”, que ha sido desarrollado para optar por el título de Magíster en Ingeniería Civil, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada, en concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica de Machala.



CRISTOBAL LEONARDO TENE NARVAEZ

C.I. 0704552348

Machala, 2022/05/31



## **CERTIFICACIÓN DE PUBLICACIÓN**

## RESUMEN

En esta investigación se abordó el estado, regularidad y serviciabilidad de los pavimentos flexibles en función del PCI, IRI y PSI, para proponer una metodología de evaluación de vías rurales.

La metodología de evaluación de vías rurales abarca el estudio de los índices PCI, IRI, y PSI. Inicialmente se realizó la planificación que consiste en obtener: datos de la vía, materiales y/o equipo y el equipo de protección personal. Posteriormente se realizó los trabajos de campo para obtener las fallas existentes, mediante el método del PCI aplicando la norma ASTM D6433. Igualmente se obtuvo los valores del IRI, para medir su regularidad mediante el uso de la aplicación IRI para Smartphone. con el valor del IRI promedio se calculó el PSI, y encontrar su serviciabilidad. Obtenidos los valores definitivos de cada uno de los índices, se procede a la interpretación de los resultados para permitir tomar una decisión al mantenimiento a realizarse en la vía.

Para probar la efectividad de la propuesta se aplicó en la vía Santa Rosa- Bellavista- La Avanzada, la misma que se obtuvieron valores del PCI=58, que caracteriza a la vía como **Buena**. Mientras que el IRI se obtuvo mediante el empleo de la aplicación IRI para Smartphone, la cual procesados sus datos nos dio un resultado de 3.68 m/km y su regularidad se la calificó como **Buena**. Con el valor del IRI promedio se procedió a encontrar el valor del PSI, proporcionándonos un valor de 3.16 y caracterizando la serviciabilidad como **Buena**. Caracterizada la vía en estado bueno se procede a plantear la solución, se deberá realizar un **Mantenimiento Tipo Rutinario (MR)**, que consiste en realizar el parchado superficial y sellamientos de grietas, combinando con labores de limpieza de obras de drenaje y corte de vegetación.

**PALABRAS CLAVES:** Metodología, Evaluación de vías rurales, Índice de regularidad internacional (IRI), Índice de Condición del pavimento (PCI) y Pavimentos Flexibles.

## ABSTRACT

In this research, we addressed the state of, regularity and serviceability of flexible pavements based on PCI, IRI and PSI, in order to propose a methodology for the evaluation of rural roads.

The rural roads evaluation methodology includes the study of the PCI, IRI, and PSI indexes. Initially, planning was carried out, which consisted of obtaining data on the road, materials and/or equipment and PPE. Subsequently, field work was carried out to obtain the existing faults, by means of the PCI method applying the ASTM D6433 standard. Likewise, the IRI values were obtained to measure their regularity by using the IRI application for Smartphones. Once the definitive values of each of the indexes were obtained, the results were interpreted to allow a decision to be made on the maintenance to be carried out on the road.

To test the effectiveness of the proposal, it was applied on the Santa Rosa - Bellavista - La Avanzada road, which obtained values of PCI=58, which characterizes the road as Good. While the IRI was obtained through the use of the IRI application for Smartphone, which processed its data gave us a result of 3.68 m/km and its regularity was rated as Good. With the value of the average IRI we proceeded to find the value of the PSI, giving us a value of 3.16 and characterizing the serviceability as Good.

After characterizing the road in good condition, the solution is proposed, for which a Routine Maintenance (RM) should be performed, consisting of surface patching and crack sealing, combined with drainage works cleaning and vegetation cutting.

**keywords:** Methodology, Evaluation of rural roads, Index of surface regularity (IRI), Index of Condition (PCI) and Flexible Pavements.

## ÍNDICE GENERAL

PENSAMIENTO	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	5
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	7
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	8
CERTIFICACIÓN DE PUBLICACIÓN	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
ÍNDICE GENERAL	12
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	16
FIGURAS	16
GRÁFICOS	16
TABLAS	17
ÍNDICE DE ANEXOS	17
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	18
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	22
1.1 Antecedentes Históricos	22
1.1.1 Historia de las carreteras	22
1.1.2 Historia del pavimento flexible	23
1.2 Antecedentes conceptuales	24
1.2.1 Carreteras	24
1.2.1.1 Clasificación de las carreteras	24
1.2.1.2 Elementos de una carretera	25
1.2.2 Pavimentos	26
1.2.2.4 Pavimento rígido	27
1.2.2.5 Deterioros de los pavimentos flexibles <sup>36</sup>	27
1.2.3 Indicadores del deterioro índice de la condición del pavimento (PCI)	27
1.2.3.1 Índice de condición del pavimento (PCI)	27
1.2.3.2 Piel de cocodrilo	28
1.2.3.3 Exudación	28
1.2.3.4 Agrietamiento en bloque	28
1.2.3.5 Abultamientos (bumps) y hundimientos (sags).	28

1.2.3.6	Corrugación	28
1.2.3.7	Depresiones	29
1.2.3.8	Grieta de borde	29
1.2.3.9	Grieta de reflexión de junta	29
1.2.3.10	Desnivel carril/berma	30
1.2.3.11	Grietas longitudinales y transversales	30
1.2.3.12	Parcheo	30
1.2.3.13	Pulimento de agregados	30
1.2.3.14	Huecos	30
1.2.3.15	Cruce de vía de férrea	31
1.2.3.16	Ahuellamiento	31
1.2.3.17	Desplazamiento	31
1.2.3.18	Grieta parabólica (slippage)	31
1.2.3.19	Hinchamiento	32
1.2.3.20	Desprendimiento de agregados.	32
1.2.4	Índice de Regularidad Internacional (IRI)	33
1.2.4.1	Rugosidad y textura	33
1.2.5	Índice de Serviciabilidad (PSI)	33
1.2.5.1	Servicialidad	34
1.3	Marco legal	34
1.3.1	Normas para la identificación de fallas de acuerdo a las normas ASTM D6433-11.19	34
1.3.1.1	Rangos de calificación del PCI	35
1.3.1.2	Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento flexible	35
1.3.1.3	Unidades de muestreo	36
1.3.1.4	Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación	36
1.3.1.5	Calculo del PCI	36
1.3.1.6	Evaluación del PCI	38
1.3.2	Especificaciones técnicas para la medición del IRI en el Ecuador	38
1.3.2.1	IRI de acuerdo a las normas del MTOP 2002	39
1.3.3	Normativa AASHTO 1993 para el índice de serviciabilidad	39
1.3.3.1	Calificación de las vías de acuerdo al PSI	40
1.3.3.2	Fórmula para el cálculo del PSI	41
1.4	Antecedentes contextuales	41
1.4.1	Datos generales del proyecto	41
1.4.2	Macro	42

1.4.3 Meso	43
1.4.4 Micro	44
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.	45
2.1 Métodos:	45
2.2 Teórico documental	45
2.3 Empírico de campo	45
2.4 Tipo de estudio	46
2.5 Paradigma	46
2.6 Enfoque	46
2.7 Universo y Muestra	47
2.8 Tipo de Muestreo	47
2.9 Métodos Teóricos	47
2.10 Métodos Empíricos	47
2.11 Técnica Estadística	47
2.12 Materiales	48
CAPÍTULO 3: PROPUESTA METODOLÓGICA.	49
3.1 Título	49
3.2 Beneficiarios	49
3.3 Ubicación y Localización del Proyecto.	49
3.4 Antecedentes de la propuesta	50
3.5 Justificación	51
3.6 Objetivos	51
3.6.1 Objetivo General	51
3.6.2 Objetivos específicos	51
3.7 Análisis de factibilidad	52
3.8 Fundamentación teórica	52
3.9 Metodología (PASOS)	53
3.9.1 Métodos para la evaluación superficial e integral de los pavimentos flexibles.	55
3.9.2 Metodología para la evaluación del pavimento flexible mediante el método del ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI.	59
3.9.3 Medición de la regularidad superficial IRI, con aplicación IRI para Smartphone versión civil-k 2019.	66
3.9.5 Relación entre la Regularidad (IRI) y la serviciabilidad (PSI)	73
3.9.4 Relación entre la Regularidad (IRI) y la condición de pavimento (PCI).	74
CAPÍTULO 4: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	75
4.1 Resultados obtenidos.	75

4.2 Análisis del PCI.	75
4.3 Análisis del IRI con aplicación IRI para Smartphone.	78
4.4 Análisis del PSI.	81
4.5 Síntesis	81
CONCLUSIONES:	82
RECOMENDACIONES:	84
BIBLIOGRAFÍA:	85
ANEXOS:	1

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

Figura 1. Plano de la red arterial de Sevilla (1945) .....	23
Figura 2. Elementos de una sección transversal de las vías rurales. ....	26
Figura 3. Grieta de reflexión de junta .....	29
Figura 4. Huecos en avenida Circunvalación Sur de Machala .....	31
Figura 5. Tipos de hinchamientos.....	32
Figura 6. Utilización del IRI en evaluación vial .....	33
Figura 7. Parámetros de clasificación en base a estándar ASTM D6433 .....	35
Figura 8. Ubicación geográfica de la carretera en estudio.....	42
Figura 9. Gráfica de Correlación entre IRI y PCI.....	43
Figura 10. Tipos de fallas más comunes en carretera del Aeropuerto de Manta. ....	44
Figura 11. Materiales empleados para medir las características de los deterioros del pavimento (PCI).....	48
Figura 12. Materiales empleados para medir la regularidad superficial en pavimentos (IRI). 48	
Figura 13. Ubicación del proyecto.....	49
Figura 14. Perfil transversal de la vía. ....	59
Figura 15. Representación de sección e intervalo de unidades de muestra a inspecciona en forma aleatoria .....	61
Figura 16. Representación gráfica del valor deducido piel de cocodrilo.....	64
Figura 17. Representación gráfica del valor de deducción corregido CDV. ....	65
Figura 18. Logo IRI calculador.....	66
Figura 19. Grafico que proporciona aplicación IRI, con extension KML. ....	71

### GRÁFICOS

Gráfico 1. Tipos de fallas prevalectentes en la vía. ....	76
Gráfico 2. Valores del PCI de las secciones. ....	77
Gráfico 3. Clasificación del estado funcional de la vía en estudio. ....	77
Gráfico 4. Dispersión IRI vs Desplazamiento para el carril derecho en m/km. ....	78
Gráfico 5. Dispersión IRI vs Desplazamiento para el carril izquierdo en m/km. ....	78
Gráfico 6. Dispersión comparativa del IRI 2014-2021, en m/km. Carril derecho.....	79



Gráfico 7. Dispersión comparativa del IRI 2014-2021, en m/km. Carril Izquierdo.....	80
Gráfico 8. Dispersión comparativa del IRI característico 2014-2021, en m/km. Carril derecho. .....	80
Gráfico 9. Dispersión comparativa del IRI característico 2014-2021, en m/km. Carril derecho. .....	81

## TABLAS

Tabla 1. Clasificación en función del TPDA .....	25
Tabla 2. Rangos de calificación del PCI.....	27
Tabla 3. Rangos de Calificación del PCI y tipo de estrategia a implementar.....	35
Tabla 4. Clasificación vial en función a la serviciabilidad .....	40
Tabla 5. Métodos de evaluación superficial .....	55
Tabla 6. Evaluación funcional .....	55
Tabla 7. Anchos de calzada y longitud de la muestra.....	60
Tabla 8. Datos de la vía.....	60
Tabla 9. Tabla de evaluación del PCI. ....	63
Tabla 10. Calculo de los valores deducidos VDT.....	64
Tabla 11. Calculo de los valores corregidos CDV y CDV max. ....	65
Tabla 12. Rangos establecidos para clasificación de las vías en función del PCI. ....	66
Tabla 13. Valores de IRI, en carril de ida (derecho).....	69
Tabla 14. Valores de IRI, en carril de regreso (izquierdo) .....	71
Tabla 15. Resumen de las fallas y PCI de las muestras seleccionadas de la vía en estudio. ...	76
Tabla 16. Calculo del PSI (índice de Serviciabilidad del pavimento) .....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz del marco lógico de la investigación .....	1
Anexo 2. Medición de las cotas para obtener el IRI .....	1
Anexo 3. Delimitación de las Unidades de muestreo IRI .....	2
Anexo 4. Identificación de daños PCI .....	2
Anexo 5. Identificación de fallas PCI.....	2
Anexo 6. Inspección del tipo de fallas método PCI.....	3

Anexo 7. Resultados del PCI desde Abscisa 0+44.6 hasta Abscisa 0 +66.90 Tramo 1 .....	4
Anexo 8. Resultados del PCI desde Abscisa 0+557.5 hasta Abscisa 0 +579.80 Tramo 2 .....	5
Anexo 9. Resultados del PCI desde Abscisa 1+070.4 hasta Abscisa 1 +092.7 Tramo 3 .....	6
Anexo 10. Resultados del PCI desde Abscisa 1+ 583.3 hasta Abscisa 1+605.6 Tramo 4 .....	7
Anexo 11. Resultados del PCI desde Abscisa 2+ 096.2 hasta Abscisa 2+118.5 Tramo 5 .....	8
Anexo 12. Resultados del PCI desde Abscisa 2+ 609.2 hasta Abscisa 2+631.4 Tramo 6 .....	9
Anexo 13. Resultados del PCI desde Abscisa 3+ 122.0 hasta Abscisa 3+144.3 Tramo 7 .....	10
Anexo 14. Resultados del PCI desde Abscisa 3+ 634.9 hasta Abscisa 3+657.2 Tramo 8 .....	11
Anexo 15. Resultados del PCI desde Abscisa 4+ 147.8 hasta Abscisa 4+170.1 Tramo 9 .....	12
Anexo 16. Resultados del PCI desde Abscisa 4+ 660.7 hasta Abscisa 4+683.0 Tramo 10 ....	13
Anexo 17. Resultados del PCI desde Abscisa 5+173.6 hasta Abscisa 5 +195.9 Tramo 11 ....	14
Anexo 18. Resultados del PCI desde Abscisa 5+686.5 hasta Abscisa 5 +708.8 Tramo 12 ....	15
Anexo 19. Resultados del PCI desde Abscisa 6+199.4 hasta Abscisa 6 +221.7 Tramo 13 ....	16
Anexo 20. Resultados del PCI desde Abscisa 6+ 712.3 hasta Abscisa 6+734.6 Tramo 14 ...	17
Anexo 21. Resultados del PCI desde Abscisa 7+ 225.2 hasta Abscisa 7+247.5 Tramo 15 ...	18
Anexo 22. Presupuesto Referencial de Mantenimiento Rutinario de la via Santa Rosa-Bellavista –La Avanzada.	

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS**

### **ABREVIATURAS.**

AASHTO. American Association of State Highway and Transportation Officials, (Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transporte).

PSR. Present Serviciability Rating, (Clasificación de Serviciabilidad Presente).

PSI. Present Serviciability Index, (Índice de Serviciabilidad Presente).

IRI. International Roughness Index, (Índice Internacional de Rugosidad).

PCI. Pavement Condition Index, (Índice de Condición del Pavimento).

MTOP. Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

ASTM. American Society of Testing Materials, (Asociación Americana de Ensayos de Materiales).

TPDA. Trafico Promedio Diario Anual.

CDV. Valores Deducidos Corregidos.

CDV Max. Valores Deducidos Corregidos Máximos.

### **SÍMBOLOS.**

m. Metro.

Km. Kilometro.

$\sigma$ . Desviación Estándar.

$\Sigma$ . Sumatoria.

m/Km. Metro por Kilómetro.

m<sup>2</sup>. Metro cuadrado.

## INTRODUCCIÓN

-La falta de mantenimiento preventivo que no se ejecutan a su debido tiempo, ocasiona el daño en las vías, en ciertos casos depende de la falta de estudios de evaluaciones de fallas, como tampoco existe un análisis de su regularidad y serviciabilidad, obteniendo estas evaluaciones permitiría ejecutar los mantenimientos y permitir cumplir con la vida útil del pavimento.

Uno de los principales problemas de las carreteras rurales es la falta de confort y seguridad al transitar por sus vías que son generadas por la irregularidad, depresiones, elevaciones, baches y fisuras las cuales han dificultado el tránsito normal ocasionando pérdida de tiempo y dinero al provocar daños en los vehículos que transitan por estas vías.

En esta investigación se desarrolla una metodología sobre la regularidad superficial de pavimentos flexibles, evaluando la superficie mediante el índice IRI, relacionados con los índices del PCI y PSI.

La investigación se realizó en la carretera Santa Rosa-Bellavista-La Avanzada, es una vía de primer orden de acuerdo a las normas del MTOP y tiene una longitud de 7.643 km y cuenta con un ancho de 10. 30 incluido los espaldones, su capa de rodadura es de mezcla asfáltica, es una carretera que fue construida desde el año 2013 hasta el 2014.

Con el crecimiento de las poblaciones se hizo necesaria la construcción de carreteras, aunque esto implique una inversión sustancial y por lo tanto el mantenimiento adecuado de estos activos que es de suma importancia. El costo, la comodidad y la seguridad del usuario de la carretera están influenciados en gran medida por su estado de conservación. La calidad de las carreteras es un indicador crítico de la vitalidad económica de un país ya que un sistema de transporte por carretera deficiente puede restringir la localización de la actividad económica, obstaculizar la integración de los mercados económicos, determinará los ingresos de la especialización y de vez en cuando transformarse en una barrera fundamental para el crecimiento y la competitividad.(Rashid y Gupta 2017).En la actualidad se realizan una serie de estudios que son fundamentales para proyectar los mantenimientos ya sea preventivos o correctivos lo cual está basado en los siguientes conceptos.

**PCI:** El Método Índice de Condición del Pavimento (PCI) consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas. Con la información de campo obtenida durante la auscultación

vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, se calcula un índice que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento analizado, es decir, señala si el pavimento está fallando, si es malo, muy malo, regular, si es bueno, muy bueno o excelente. (Qiqi et al. 2020).

**IRI:** el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) presenta una escala única de valores para la medida de la regularidad superficial de los caminos, que puede ser utilizada por la gran mayoría de los aparatos de auscultación que existen en la actualidad. Este índice simula la respuesta de un vehículo al circular por una carretera a 80 km/h y por lo tanto permite considerar factores como seguridad, confort y costo de uso de los vehículos. (Martínez-Echevarría Romero, Tafur Garro, y Gallardo Zevallos 2016).

**PSI:** La Serviciabilidad es un indicador que representa el nivel de comodidad y seguridad que un pavimento proporciona a sus usuarios. Este indicador tiene su génesis en valoraciones subjetivas y posteriormente se logró correlacionarlo con aspectos objetivos que pueden ser medidos en la superficie de un pavimento. (Aleadelat y Ksaibati 2017).

El presente trabajo de titulación está estructurado en 4 capítulos:

El Capítulo I, donde se expone el marco teórico, que contempla los antecedentes históricos, conceptuales, marco legal y los antecedentes contextuales.

El Capítulo II, que corresponde a los materiales y métodos los mismo que contienen los métodos empíricos, teóricos, paradigma, tipo de estudio, enfoque, universo y muestra, tipo de muestreo, técnica estadística y materiales.

El Capítulo III, corresponde a la propuesta metodológica que incluye, el título, beneficiarios, ubicación, antecedentes de la propuesta, justificación, objetivos generales y específicos, el análisis de factibilidad, pasos a seguir de la metodología, métodos de evaluación, cálculo del PCI, IRI y PSI.

El Capítulo IV, donde se muestran los análisis y discusión de resultados obtenidos mediante la aplicación del método de condición del pavimento (PCI), IRI mediante la aplicación IRI para Smartphone y los valores del PSI, en función del IRI promedio y planteamiento de solución al tipo de mantenimiento a realizar.

Por último, tenemos las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

## CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

Comprende los criterios conceptuales, definiciones e ideas generales que argumentan el desarrollo de la investigación; se basa en función de estudios similares con el rigor académico pertinente a través de una revisión literaria.

### 1.1 Antecedentes Históricos

El pavimento surge con el desarrollo socioeconómico de las comunidades, la necesidad de contar con las condiciones adecuadas para el transporte, comercio e interconexión de los diversos lugares, obedece a la topografía, actividades económicas, cultura e inclusive influencias políticas sobre la región.

Se parte desde la historia de las carreteras, diseño del pavimento flexible, método PCI, regularidad e inferencias prácticas hasta su evolución en el contexto de la situación problemática, de hoy en día.

#### 1.1.1 Historia de las carreteras

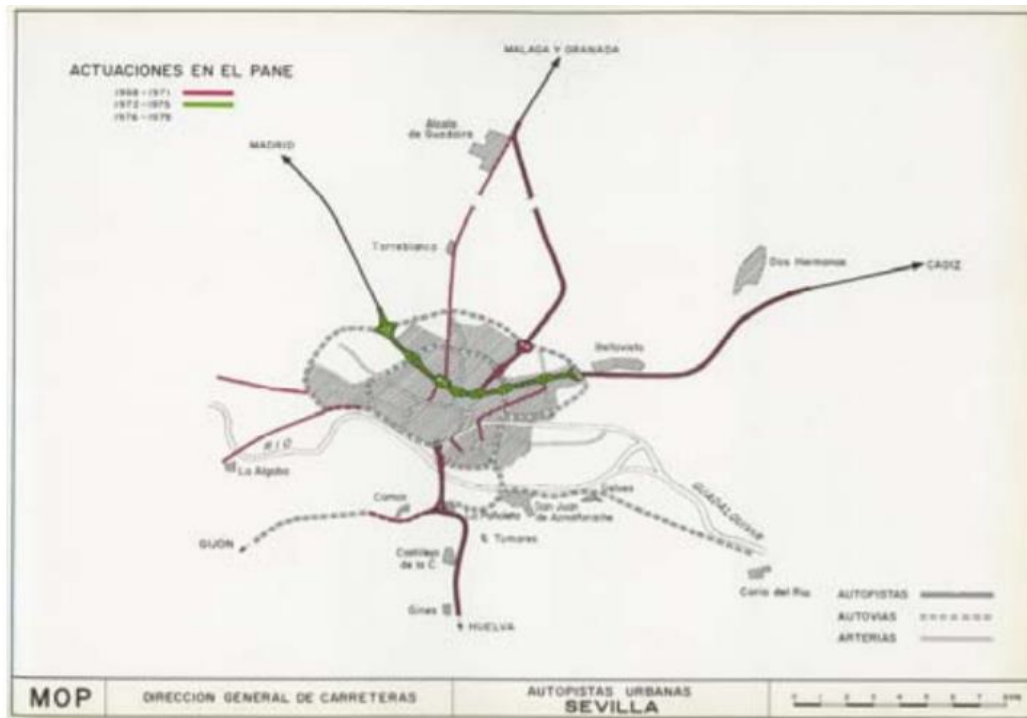
Las carreteras como tales derivan de los caminos, en los cuales circulaban carruajes o vehículos rudimentarios como en el caso de Grecia, Roma y Egipto; quienes fueron los pioneros en el diseño e ingeniería vial.

Sus concepciones técnicas se dieron hasta la revolución industrial, donde se inventó el motor a combustión interna y se podría recorrer largas distancias sin la necesidad de caballos; dando paso al estudio del suelo, su estabilidad, reposición del terreno y más adelante con la invención del neumático, se dieron nuevas perspectivas al contar con un medio cómodo para desplazarse en contraste con las ruedas de madera o hierro (Asociación Española de Carreteras, 2020).

Algunos hitos históricos destacables, de acuerdo con (Jara, 2013) son:

- ❖ 4000 A.C calles pavimentadas en Mesopotamia para turismo
- ❖ 3500 A.C carretera real Persa, para comercio y unir capitales
- ❖ 3000 A.C los Romanos construyen calzadas aplicando métodos empíricos y cálculos
- ❖ En la edad media se construyeron carreteras en España, Francia, Italia e Inglaterra
- ❖ En el siglo 18 y 19 se desarrollan las primeras autopistas en Alemania e Italia
- ❖ En el 2000 el Instituto del Asfalto y normas AASHTO normalizan los diseños de vías y carreteras
  
- ❖ Desde el 2013 se diseñan e implementan los sistemas inteligentes conjugando nuevas tecnologías e infraestructura civil en favor del desarrollo sostenible

**Figura 1. Plano de la red arterial de Sevilla (1945)**



**Fuente:**(Tordesillas y Antín 2008)

La historia de las carreteras es paralela a los problemas de planeación urbana; para evitar la aglomeración de mercados y colonización de las carreteras, se debió concatenar diversas ciencias e ingeniería para solucionarlo de forma eficiente; esto dio paso a las carreteras primarias, secundarias, terciarias, calles y distribución de las viviendas a los costados facilitando tanto la circulación como funcionalidad.

### 1.1.2 Historia del pavimento flexible

Su origen se da en Estados Unidos por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), en los años 60 mediante ensayos y cálculos empíricos que dieron lugar a recomendaciones técnicas, gráficos, formulas e inferencias para garantizar el cumplimiento de las condiciones de diseño, desde una perspectiva analítica y práctica. (Salamanca Niño, Zuluaga Bautista, y Others 2015).

En el Ecuador la entidad responsable de emitir y evaluar los criterios para el diseño de pavimentos flexibles es el Ministerio del Transporte y Obras Públicas (MTO), que fue creado en 1929 con el objeto de regular y gestionar el diseño e infraestructura de las obras sociales;

destacando a la secretaria del Transporte Terrestre y Ferroviario, que se encarga específicamente de las carreteras (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

En el año 2007 ante el deterioro y mal estado de las carreteras nacionales, el gobierno instauró al Ministerio de Transporte y Obras Públicas como institución con nueva reforma, estructura y funciones, teniendo como objeto integrar al Ecuador a una red internacional de vías; dando lugar a la utilización de pavimento flexible para mejorar la infraestructura vial; debido a que solo el 19% de vías estaban pavimentadas y las administraciones anteriores no dieron relevancia a la construcción de carreteras como mecanismos para dinamizar la economía y desarrollo sostenible de las comunidades. (Puga 2018).

## **1.2 Antecedentes conceptuales**

Comprenden las definiciones, terminologías y criterios teóricos que integran a la temática, permitiendo fundamentar el estudio desde la perspectiva epistemológica.

### **1.2.1 Carreteras**

Es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.(Grisales 2015).

#### **1.2.1.1 Clasificación de las carreteras**

Según el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013, pág. 63), los tipos de carreteras en el país se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

- Por capacidad y en función del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)
- Por jerarquía en la red vial
- Por condiciones orográficas
- Por el número de calzadas
- En función de la superficie de rodamiento

Los tipos por jerarquía son:

- Corredores Arteriales: Son los caminos que conectan a carreteras transnacionales, capitales de provincia o pasos fronterizos.
- Vías Colectoras: Son de mediana jerarquía, conectan zonas rurales y regiones, ciudades e integran una malla hacia las carreteras principales.



- Caminos Vecinales: Son caminos no incluidos en las categorías anteriores, comunican poblaciones rurales y zonas agrícolas, accesos a sitios turísticos, entre otros.

**Tabla 1. Clasificación en función del TPDA**

Descripción	Clasificación	Tráfico promedio diario anual	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	5000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

**Fuente:** (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

Según su desempeño se clasifican en:

- Agrícola o forestal: Velocidad de proyecto 40 Km/h y 16% de pendiente
- Básico: Velocidad 60 Km/h y 14% pendiente
- Convencional básica: 80 Km/h de proyecto y 10% pendiente
- Mediana capacidad: 100 Km/h y pendiente máxima 8%
- Alta capacidad: 120 Km/h y 6% pendiente máxima

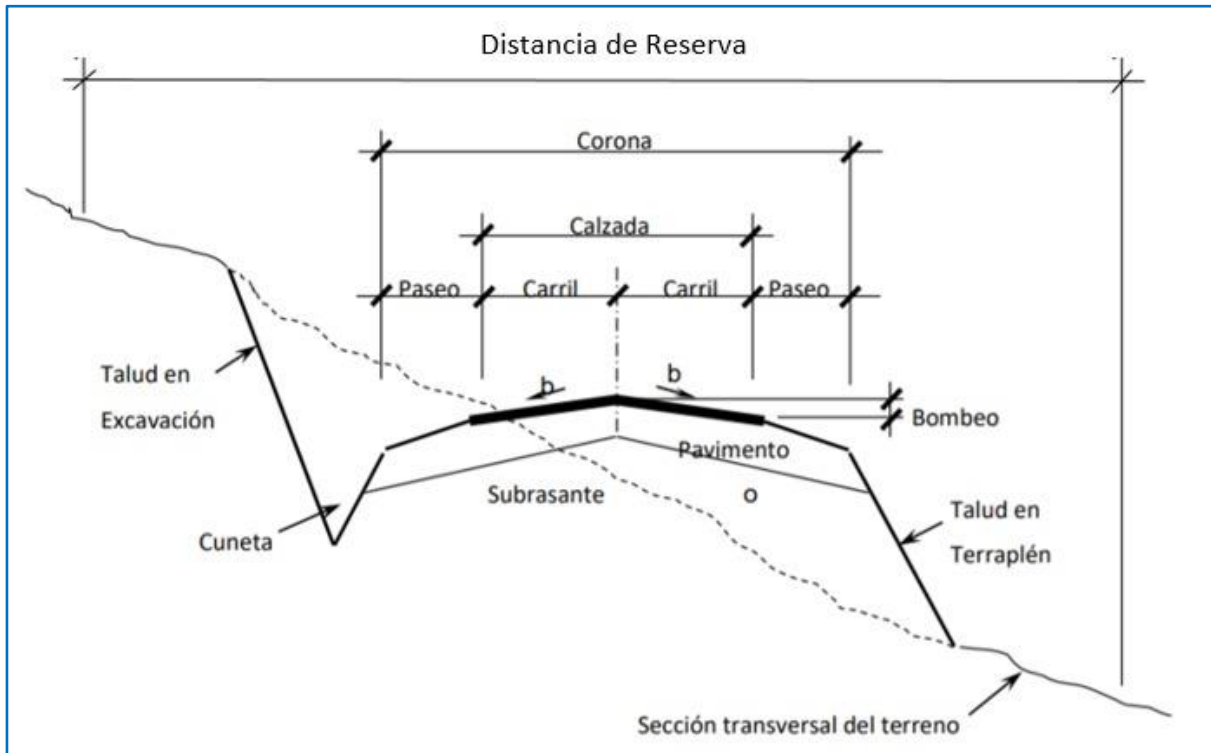
#### 1.2.1.2 Elementos de una carretera

Los componentes varían de acuerdo a las consideraciones del diseño; sin embargo, los elementos más comunes son:

- Calzada: Son el número de carriles y su ancho, varía en función del tipo de vehículo, sentidos de circulación, velocidades e inferencias prácticas de construcción.
- Plataforma: Se conforma por la calzada, berma, mediana y arcenes; permite la circulación de los vehículos y transfiere las cargas a la estructura de la carretera.
- Mediana: Es la franja longitudinal entre dos plataformas separadas, no destinada a circulación; a diferencia de la terciaria que es una franja no destinada a circulación en una vía no complementaria; esa obedece a criterios técnicos como visibilidad, separación de carriles, jerarquía, entre otras nociones de diseño.
- Peralte: Es el grado de inclinación para contrarrestar la fuerza centrífuga y evitar que el vehículo salga tangencialmente de la curva, al transitar a una velocidad determinada.
- Curvas: Son las partes no rectas de la carretera que enlazan a los tramos rectos; su distancia, radio e inclinación dependen de la topografía, velocidad de diseño y conducta de los conductores.

- Berma: Es una franja de ancho variable, destinada a la circulación de peatones, bicicletas o vehículos averiados.

**Figura 2. Elementos de una sección transversal de las vías rurales.**



**Fuente:**(Jalca et al. 2017).

### 1.2.2 Pavimentos

Son un conjunto de capas diseñadas para resistir los esfuerzos de las cargas vehiculares; se construyen con materiales compactados en capas para satisfacer las condiciones de diseño, acorde al tipo de vehículos, carretera y necesidades operativas de la vía.

Su relevancia se percibe en la uniformidad, calidad y estado de la carpeta asfáltica o capa superficial; esto hace indispensable planificar el mantenimiento del pavimento a fin de evitar su deterioro y conservarse en óptimas condiciones.(Zambrano Zambrano 2015).

### 1.2.2.2 Clasificación de los pavimentos

#### 1.2.2.3 Pavimento flexible

Según (Meza y Piusseaut 2019), se caracterizan por transferir las cargas vehiculares por deformación, compuestos por una mezcla asfáltica que soporta las solicitaciones del tránsito; estructuralmente trabaja distribuyendo los esfuerzos hacia las capas inferiores.

#### 1.2.2.4 Pavimento rígido

De acuerdo con (Martínez y Aenille 2017)<sup>64</sup>, indican que son losas de hormigón armado que descansan directamente sobre el terreno; debido a que, trabajan a gravedad su espesor depende de las cargas, su capacidad y distribución hacia las capas de base y sub base; su resistencia química, duración y mantenimiento son mejores en contraste con el pavimento flexible, pero su costo de construcción es mayor.

#### 1.2.2.5 Deterioros de los pavimentos flexibles<sup>36</sup>

Según (Jiménez et al. 2017), el deterioro deriva a los ciclos de cargas en el pavimento, causando una fatiga mecánica, desgaste estructural de su carpeta asfáltica y condiciones ambientales que pueden acelerar el proceso, tales como humedad, temperatura u otros elementos no considerados en el diseño; por ende, es de suma relevancia planificar un mantenimiento adecuado que conserve las cualidades del pavimento en las mejores condiciones posibles.

### 1.2.3 Indicadores del deterioro índice de la condición del pavimento (PCI)

#### 1.2.3.1 Índice de condición del pavimento (PCI)

Es un método para evaluar y calificar objetivamente los pavimentos tanto flexibles como rígidos; es de fácil implementación, siendo la mejor alternativa actualmente; además no requiere herramientas o ensayos destructivos.

**Tabla 2. Rangos de calificación del PCI**

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100-86	Excelente
85-71	Muy Bueno
70-56	Bueno
55-41	Regular
40-26	Malo
25-11	Muy Malo
10-0	Fallado

**Fuente:** (Tineo, s. f.).

### 1.2.3.2 **Piel de cocodrilo**

(Humpiri Pineda A 2015), indica que son una serie de fisuras interconectadas conformando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, principalmente con un diámetro promedio menor a 30 centímetros. El fisuramiento comienza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, una vez que el pavimento es requerido por una carga. Los niveles de severidad son:

**L:** Fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo y sin conexión entre ellas.

**M:** Las fisuras se entrelazan y forman un patrón de red.

**H:** Los patrones de fisuras se interconectan y abarcan grandes áreas, haciendo que el tráfico las evada o compromete la integridad estructural de la capa de rodadura.

### 1.2.3.3 **Exudación**

Es un material bituminoso que brota hacia la superficie en el área de pavimento, esta área es brillante, pegajosa y reflectora. Esto principalmente se crea por ausencia de vacíos, por el exceso de asfalto en la mezcla y exceso de material sellante de asfalto.(Sac Alarcón y Sac Alarcón 2020)

### 1.2.3.4 **Agrietamiento en bloque**

Es cuando se da una falla que aísla a una sección del pavimento; comúnmente es producto de los cambios de temperatura y desgaste que indican que el asfalto ha endurecido, terminan seccionando en bloques en forma de una malla con diagonales superiores a 20 cm de longitud.(Martínez y Aenille 2017).

### 1.2.3.5 **Abultamientos (bumps) y hundimientos (sags).**

Las elevaciones son materiales que sufren movimientos hacia arriba y los hundimientos son materiales que se desplazan hacia abajo, generando varias ondulaciones en la superficie.(Rodríguez Flores 2019).

### 1.2.3.6 **Corrugación**

Son deformaciones que presentan un patrón irregular en forma perpendicular al flujo de tránsito; están separadas a menos de 3 m y requieren reparación urgente.(Rodríguez Flores 2019).

### 1.2.3.7 Depresiones

Deterioros causados por el asentamiento de las capas inferiores (subrasantes) del pavimento debido a la filtración de agua por falta de sellados en las juntas, considerando las cargas de tránsito se producen áreas con niveles inferiores.(Rodríguez Flores 2019).

### 1.2.3.8 Grieta de borde

Es una falla caracterizada por dañar el borde del pavimento, causando irregularidad y daño progresivo hacia el interior de la calzada. Por lo general se generan paralelas al eje de la vía y pueden producirse de 30 a 69 cm del borde del pavimento.(Rodríguez Flores 2019).

### 1.2.3.9 Grieta de reflexión de junta

Este daño ocurre solo en pavimentos construidos sobre losas de hormigón de cemento Portland. Por ejemplo, no incluye grietas por reflexión de otros tipos de sustratos estabilizados con cemento o cal. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento inducido por la temperatura o la humedad de una losa de hormigón de cemento debajo de la superficie de hormigón asfáltico. En tráfico denso, el asfalto puede explotar cerca de las grietas. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que la grieta esta descascarada. (Leguía Loarte y Pacheco Risco 2016).

**Figura 3. Grieta de reflexión de junta**



**Fuente:** (Correlor & Corros, 2010).

#### 1.2.3.10 **Desnivel carril/berma**

Es una diferencia de cotas entre la calzada y la berma; se da por asentamientos secundarios, consolidaciones del suelo o fallas geológicas no contempladas en el estudio preliminar del proyecto.(Leguía Loarte y Pacheco Risco 2016).

#### 1.2.3.11 **Grietas longitudinales y transversales**

Son fallas a lo largo del carril o en la sección transversal perpendicular al sentido del tráfico; se deben a:

- Juntas débiles
- Contracción de la superficie del pavimento
- Desgaste de la carpeta asfáltica
- Evolución de la falla de grieta de reflexión

Las grietas transversales generalmente se extienden en la dirección paralela al sentido de construcción, en todos los casos requieren reparación inmediata.(Rodríguez Flores 2019)

#### 1.2.3.12 **Parcheo**

Un parche es un área de pavimento que se ha reemplazado con material nuevo para restaurar el pavimento existente. Los parches se consideran defectuosos independientemente del funcionamiento normal. El área parcheada o el área circundante no funcionará tan bien como la parte original del empaque. Por lo general, encontrará que cierto grado de aspereza está asociado con este daño. Esto puede ayudar a habilitar la instalación o reparación de ciertas redes de servicio. Cabe destacar que, si la intervención realizada implica el intercambio de todo o parte del espesor del asfalto, se trata de un alisado.(Leguía Loarte y Pacheco Risco 2016)

#### 1.2.3.13 **Pulimento de agregados**

Es el resultado del deterioro causado por los ciclos de tránsito sobre el agregado que compone al pavimento. Para ello no se define ningún grado de severidad.(Rodríguez Flores 2019).

#### 1.2.3.14 **Huecos**

Son daños o fallas en la estructura y sección del pavimento, se conocen vulgarmente como *baches* e inclusive son causantes de accidentes de tránsito.

**Figura 4.** Huecos en avenida Circunvalación Sur de Machala



**Fuente:** (Freire Ochoa 2020).

#### 1.2.3.15 **Cruce de vía de férrea**

Son las fallas que se dan alrededor o entre los rieles sobre los cuales se extiende el cemento asfáltico; causan un desgaste masivo y requieren un parcheo urgente (Paucar Curo 2019).

#### 1.2.3.16 **Ahuellamiento**

Son fisuras por resbalamientos o deslizamientos; se caracterizan por depresiones por debajo del nivel de la capa de rodadura, creando hundimientos a lo largo de la calzada.(Martínez y Aenille 2017).

#### 1.2.3.17 **Desplazamiento**

Son grietas en forma de luna creciente, se extienden en sentido del tránsito y se producen cuando las llantas frenan en forma violenta desplazando la capa superficial del pavimento asfáltico. Además, suelen ocurrir cuando pavimentos de concretos asfálticos confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto, se incrementan causando esta falla.(Solis 2020)

#### 1.2.3.18 **Grieta parabólica (slippage)**

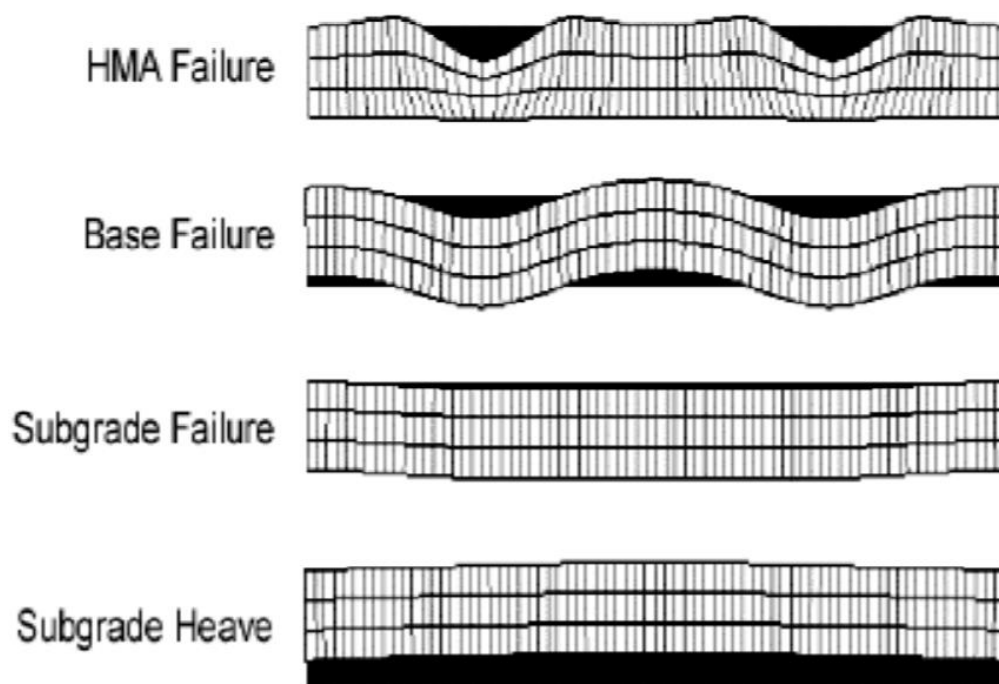
Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la

estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.(Leguía Loarte y Pacheco Risco 2016).

#### 1.2.3.19 Hinchamiento

Un hinchamiento es usualmente causado por la acción de congelamiento en la subrasante por las condiciones climáticas, este deterioro se considera que tiene relación con la capacidad y conformación de la estructura del pavimento. Cuando el hinchamiento se deba a reparaciones mal ejecutadas, que como resultado se observe un desnivel entre el área reparada y el resto del pavimento, se registrará como deterioros puntuales.(Martínez y Aenille 2017).

**Figura 5.** Tipos de hinchamientos



**Fuente:** (Correlor & Corros, 2010)

#### 1.2.3.20 Desprendimiento de agregados.

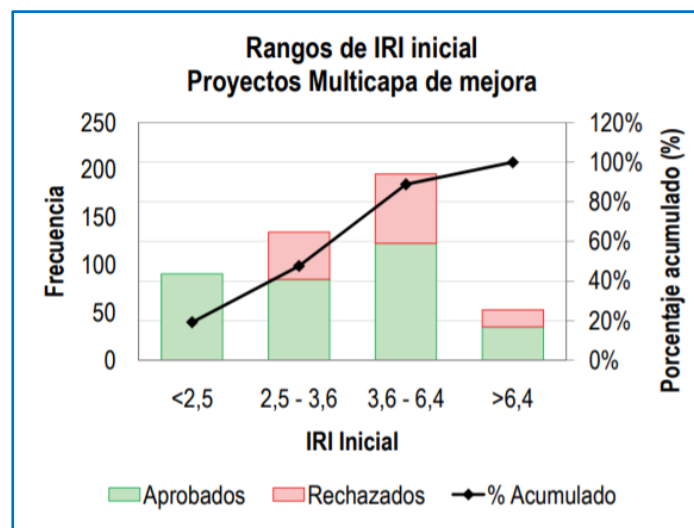
Según (Solis 2020), es la ruptura del pavimento flexible, dando lugar a la descomposición de sus partes y se manifiesta con la pérdida de la grava que da su consistencia a la mezcla; generalmente es producto de cargas excesivas y falta de mantenimiento. Esta falla es la más frecuente en carreteras de la costa o zonas con climas diversos a lo largo del año.



### 1.2.4 Índice de Regularidad Internacional (IRI)

De acuerdo con (Morales y Rojo s. f.), es un parámetro estadístico de la regularidad y sirve para valorar la calidad y comodidad de la capa de rodadura, tanto nuevo como viejos ;generalmente se basa en una apreciación matemática en la acumulación de los desplazamientos sobre la masa superior en relación a la masa inferior (mm, m o pulgadas), dividido sobre la distancia recorrida en longitud (km;milla).

**Figura 6.** Utilización del IRI en evaluación vial



**Fuente:**(Solis 2020)

#### 1.2.4.1 Rugosidad y textura

La textura es un parametro critico que influye en la seguridad de los usuarios y esta relacionada con la friccion en la superficie facilitando la circulación del tráfico e incide en el consumo de combustible, deterioro de los vehículos y desgaste de los neumáticos.(Rivas Díaz Granados y Others, s. f.,2017).

Según(Morales y Rojo s. f.,2017), la rugosidad se presenta como la variación que presenta una superficie respecto a otra cuantificada en dimensiones y sentidos tanto longitudinal como en profundidad; este parámetro ofrece las condiciones de seguridad a los usuarios, la comodidad, servicialidad y desgaste de la carretera.

### 1.2.5 Índice de Serviciabilidad (PSI)

Esta clase de índice está orientado mundialmente a medir el bienestar (comodidad) que ofrece una vía a través de su capa de rodadura al cliente, fue creado en los años 60 por la AASHO7, desarrollándose originalmente para su decisión, fórmulas que combinan diversas fronteras de

deterioro. El PSI, califica a una escala de 0 a 5 el bienestar que el usuario siente al transitar por una carretera a la rapidez de operación. El confort viene determinado con base a la calidad de rodamiento y su alteración en el tiempo.(Dávila Vidarte, Huangal Castañeda, y Salazar Bravo 2019).

#### **1.2.5.1 Servicialidad**

La servicialidad permite determinar el grado de calidad y estado en que se encuentra la vía, tanto desde la perspectiva del usuario como técnica al inferir su regularidad superficial, desgaste y requerimientos en términos de mantenimiento.

### **1.3 Marco legal**

Comprende el conjunto de reglamentos y normativas en las cuales se sustenta la elaboración del estudio; delineando los procesos a seguir, estándares, criterios técnicos e inferencias prácticas resultado de experimentaciones o experiencias extranjeras reflejadas en el contexto local, donde se ejecuta la investigación.

#### **1.3.1 Normas para la identificación de fallas de acuerdo a las normas ASTM D6433-11.19**

El American Society for Testing and Materials (ASTM), cuyo significado en español es Sociedad Americana para Ensayos y Materiales; de las cuales se enfoca en la norma ASTM D6433 que dictamina el procedimiento estándar para la inspección del ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO en caminos y estacionamientos.

Esta reglamentación es clara, concisa y objetiva e indica tanto el procedimiento como los equipos e instrumentos a utilizar; establece las fallas y especifica el nivel de severidad en relación a una inspección visual, mediciones, ensayos, pruebas estadísticas e instrumentos a utilizar.

**Figura 7.** Parámetros de clasificación en base a estándar ASTM D6433

Escala de clasificación PCI		
100		Verde oscuro
85		Verde claro
70		Amarillo
55		Rojo claro
40		Rojo medio
25		Rojo oscuro
10 0		Gris oscuro

**Fuente:** (Moqtader y Bhat 2017).

### 1.3.1.1 Rangos de calificación del PCI

El método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) es un índice numérico que clasifica la condición que presenta el pavimento, varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En Tabla 1 se presentan los rangos de PCI con su clasificación cualitativa de la condición del pavimento (Moqtader y Bhat 2017).

**Tabla 3.** Rangos de Calificación del PCI y tipo de estrategia a implementar.

PCI	Clasificación	Estrategia
86 a 100	Excelente	Mantenimiento rutinario
71 a 85	Muy Bueno	Mantenimiento preventivo
56 a 70	Bueno	Rehabilitación menor
41 a 55	Regular	Rehabilitación menor
26 a 40	Malo	Rehabilitación mayor
11 a 25	Muy malo	Reconstrucción
0 a 10	Fallado	Reconstrucción

**Fuente:** (Moqtader y Bhat 2017).

### 1.3.1.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento flexible

El proceso que se aplica es el siguiente:

- Elaborar la guía de toma de datos.
- Identificar los daños considerando clase, severidad, área y calificación

- Elaborar tablas de resultados (González-Fernández y Ruiz-Caballero 2019).

### 1.3.1.3 Unidades de muestreo

Se secciona la vía en dimensiones que varían en función del tipo de carretera, capa de rodadura y daños; los criterios son:

- Carpeta asfáltica menor a 7.3 m de ancho, con una superficie inferior a  $230 \text{ m}^2 \pm 90 \text{ m}^2$ .
- En caso de tener diferentes dimensiones, se las clasifica acorde al promedio más cercano en el tramo de vía analizado.
- Se toman tantas unidades de muestreo como sean necesarias para abarcar la totalidad de fallas y daños en la carretera. (González-Fernández y Ruiz-Caballero 2019).

### 1.3.1.4 Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación

En caso de tener un número elevado de unidades de muestreo la inspección y análisis exige mayor cantidad de recursos y tiempo; por ende, se utiliza un método para seleccionar las unidades de muestro en base al cálculo de la muestra  $n$  con una fiabilidad del 95%. (González-Fernández y Ruiz-Caballero 2019)

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{NE^2 + Z^2 * p * q}$$

Donde:

Z= Nivel de confianza

N= Número total de unidades de muestreo

n= Número de muestras a evaluar

p= Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra

e= Error de estimación

### 1.3.1.5 Calculo del PCI

El procedimiento para determinar el PCI es el siguiente:

- 1) Calcular el valor deducible del daño
- 2) Estimar número máximo de valores admisibles para el daño
- 3) Cálculo máximo del valor admisible deducido
- 4) Calcular el PCI de la unidad
- 5) Determinar gravedad y tipo de daño

$$mi = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDVi)$$

Donde:

Mi= Número máximo admisible para valores deducidos de las unidades de muestreo

HDVi=El valor mayor deducido para las muestras individuales i.

El número de valores individuales deducidos se reduce a m. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan. Para obtener el valor deducido corregido (VDC) se recomienda seguir los siguientes pasos:

- a) Liste los valores deducidos individuales de mayor a menor.
- b) Determine el "valor deducido total", sumando todos los valores deducidos individuales.
- c) Determine el número de valores deducidos mayores que 2.0, que se identifica por la letra q.
- d) Determine el VDC entrando con el valor de q y VDT en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento que presenta el método PCI.
- e) Reduzca a 2.0 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2.0 y repita el proceso desde el inciso (a) hasta que "q" sea igual a 1.
- f) Una vez obtenidos todos los valores de VDC, se tomará el mayor valor ( $VCD_{max}$ ) para el cálculo del PCI en la unidad de muestreo. Para ello se aplica la siguiente expresión:

$$PCI = 100 - VDC \max$$

- 6) Etapa. Calculo del PCI de una sección de pavimento. Se pueden presentar 3 casos:
  - I. Si todas las unidades de muestreo fueron tomadas para determinar el PCI de la sección del pavimento, el valor del PCI final será el promedio de los PCI calculados para cada unidad de muestreo, es decir:

$$PCI = \frac{\sum_i^n PCI_i}{n}$$

- II. Si se utilizó la técnica de muestreo y la selección de las unidades se realizó mediante la técnica aleatoria y no existieron muestras adicionales, el PCI de la sección de pavimento será el promedio de los PCI calculados de cada unidad de muestreo.
- III. Si se utilizaron unidades de muestreo adicionales, el valor del PCI final se determina mediante la siguiente ecuación:

$$PCI_s = \frac{[(N - A). PCI_R] + (A. PCI_A)}{N}$$

donde:

$PCI_s$ : PCI de la sección del pavimento.

$PCI_R$ : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

$PCI_A$ : PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

$A$ : Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

$N$ : Número total de unidades de muestreo en la sección.

- 7) Cálculo de la desviación comparación de esta con la inicialmente fijada para estimar el número inicial de muestras. La desviación estándar de la estimación debe ser inferior al valor supuesto para tener la seguridad de una estimación confiable al 95 % del PCI en el tramo objeto de estudio. En caso contrario, se deberá proceder a recalcular el número de muestras necesarias a partir del valor alcanzado de desviación estándar e inspeccionar nuevamente las unidades adicionales, las que serán seleccionadas aleatoriamente y sus resultados procesarse junto con los obtenidos previamente para las unidades inicialmente inspeccionadas. (González-Fernández y Ruiz-Caballero 2019)

#### 1.3.1.6 Evaluación del PCI

Se establecen los tipos de fallas como A estructurales y B daños funcionales.

Los tipos A se consideran acorde al daño estructural del pavimento, el deterioro en su capacidad para transferir las cargas y del tipo B como daños constructivos que provocan una disminución en la calidad, serviciabilidad y condiciones de diseño del proyecto. (Coy Pineda 2017).

El estado superficial se considera:

- Bueno, del 0 al 3
- Regular, del 3 al 5
- Malo, del 5 hasta 7

El objetivo de la evaluación es caracteriza el tipo de daño, severidad, acciones a tomar e impactos sobre las prestaciones de la carretera en relación a una de óptimas condiciones.

#### 1.3.2 Especificaciones técnicas para la medición del IRI en el Ecuador

Según (Hurtado Arias 2016), el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), es un método analítico para medir la uniformidad y regularidad de la superficie de rodadura; según la AASHTO 93 para una correcta elección del factor PI en la correlación del PSI con IRI se deben obtener rangos entre 0.7 y 1.4; caso que no ocurre en el Ecuador al entregar carreteras con IRI de 2 o superior; en lo referente a serviciabilidad la aconseja es 2.5, en cambio lo obtenido en el país es de 3.4 a 2.6.

### 1.3.2.1 IRI de acuerdo a las normas del MTOP 2002

De acuerdo con el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2002), corresponde a la suma de los movimientos verticales relativos entre la masa amortiguada y la no amortiguada de un vehículo, tipo al circular a 80 km/h; se determina en función de las cotas de la superficie del pavimento en relación al eje del vehículo medidas en un perfil por abscisas del eje vial. Se expresa en m/km y debe respetar los lineamientos técnicos impuestos por la AASHTO.

### 1.3.3 Normativa AASHTO 1993 para el índice de serviciabilidad

Consiste en calcular el parámetro del Número Estructural (SN), que expresa el espesor requerido para responder ante las sollicitaciones de cargas; dicho valor se encuentra condicionado por tipo de tráfico, confiabilidad estadística e índice de serviciabilidad; por lo tanto, la calidad está correlacionada con el desempeño estructural y diseño vial. De acuerdo con García (2015), sus concepciones matemáticas son:

$$\text{Log}(W) = ZR \cdot S_0 + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}(MR) - 8.07$$

Dónde;

W= Número estimado de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el período de diseño

ZR= Desviación estándar normal

So= Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural

$\Delta PSI$  = Diferencia entre índice de servicio inicial y final

MR= Módulo resiliente (lb/pulg<sup>2</sup>)

SN= Número estructural

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Dónde:

$a_i$ = Coeficiente estructural de la capa i

$D_i$ = Espesor de la capa i en pulgadas

$m_i$ = Coeficiente de drenaje de la capa i

### 1.3.3.1 Calificación de las vías de acuerdo al PSI

El nivel de serviciabilidad permite tener una idea clara del estado en que se encuentra la carretera, relacionando el nivel de deterioro en función de sus prestaciones para la comodidad y seguridad de los conductores; además evidencia el grado de mantenimiento o gestión en vialidad de las administraciones políticas que son las encargadas de mantener las vías de comunicación en óptimas condiciones.(Carpio Carrera 2017).

**Tabla 4. Clasificación vial en función a la serviciabilidad**

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
5 - 4	MUY BUENA	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recapeados durante el año de inspección, normalmente se clasifican como muy buenos.
4 - 3	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 pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria.
3 - 2	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 pueden incluir ahuellamiento, parches, agrietamientos.
2 - 1	MALA	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie.
1 - 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 considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de superficie.

**Fuente:** (Carpio Carrera 2017)



### 1.3.3.2 Fórmula para el cálculo del PSI

$$P = 5.03 - 1.91\text{Log}[1 + Sv] - 0.01[Cf + P]^{0.5} - 1.38RD^2$$

Dónde:

Sv: Variación de las cotas en relación a la rugosidad longitudinal

Cf: Suma de las áreas fisuradas en pies al cuadrado

P: Área bacheada en pies al cuadrado por cada 1000 pies<sup>2</sup> de pavimento

RD: Profundidad media de ahuellamiento en pulgadas (Rugosidad Transversal)

Las fórmulas para relacionar IRI y PSI son:

$$PSI = 5 * e^{(-\frac{IRI}{5.5})}$$

$$PSI = 5 * e^{(-0.26 IRI)}$$

$$PSI = 5.85 - 1.68 * IRI^{0.5}$$

Con estas ecuaciones se puede verificar la correcta correlación entre ambos parámetros de evaluación de carreteras.(Carpio Carrera 2017)

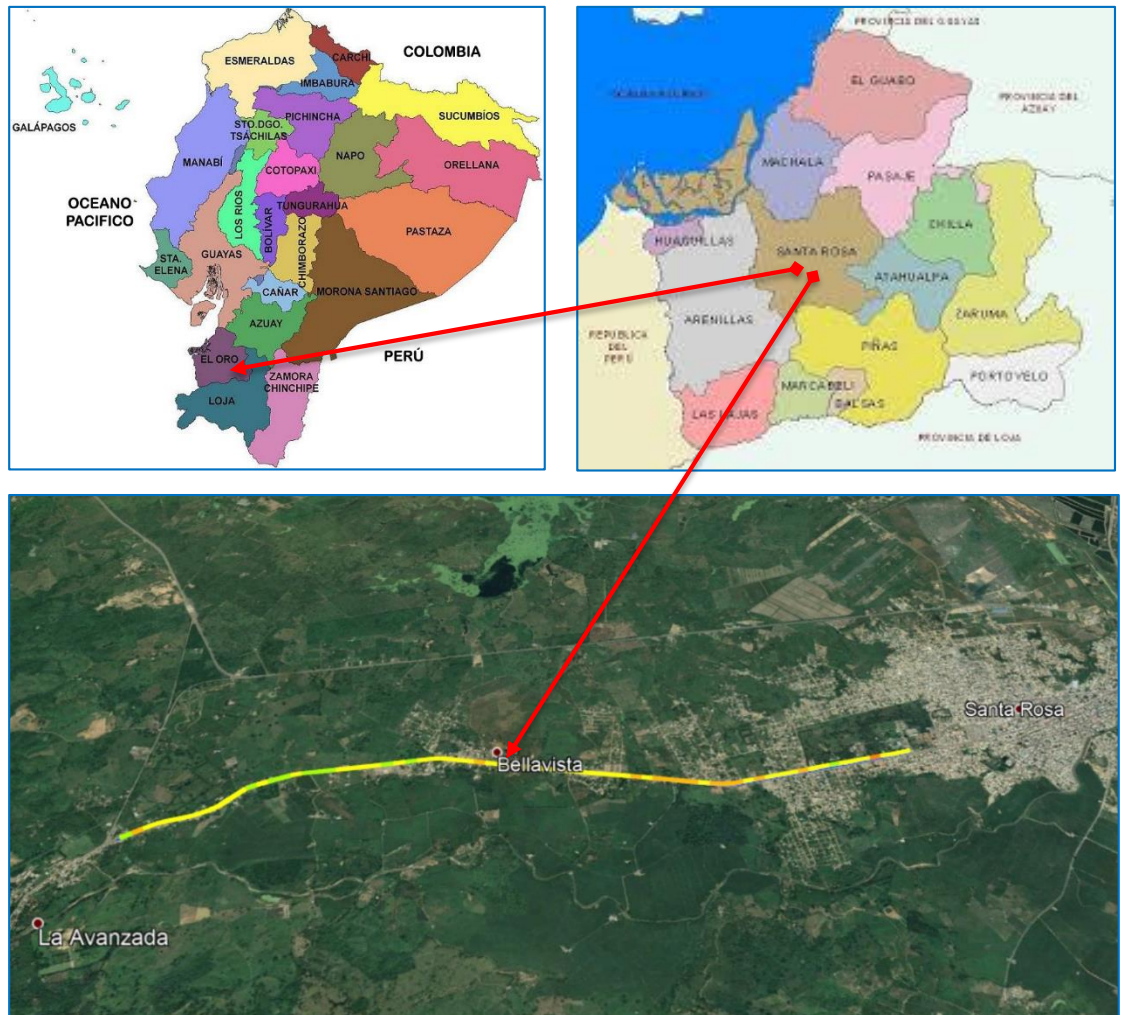
## 1.4 Antecedentes contextuales

Comprenden la descripción del problema en contraste con la situación a nivel global, nacional y local de la temática; dirimir criterios en base a los avances técnicos y científicos de la evaluación de carreteras en relación a los objetivos del estudio.

### 1.4.1 Datos generales del proyecto

El proyecto se desarrolló en la vía Santa Rosa-Bellavista-La Avanzada, tiene una longitud de 7.643 km. Es una vía que permite conectarse entre las Parroquias de Bellavista y la Avanzada, dentro del Cantón Santa Rosa. Esta vía además permite el tránsito para los vehículos que se movilizan a diferentes parroquias y cantones de la parte alta de la Provincia de El Oro.

**Figura 8.** Ubicación geográfica de la carretera en estudio.



**Fuente:** El Autor

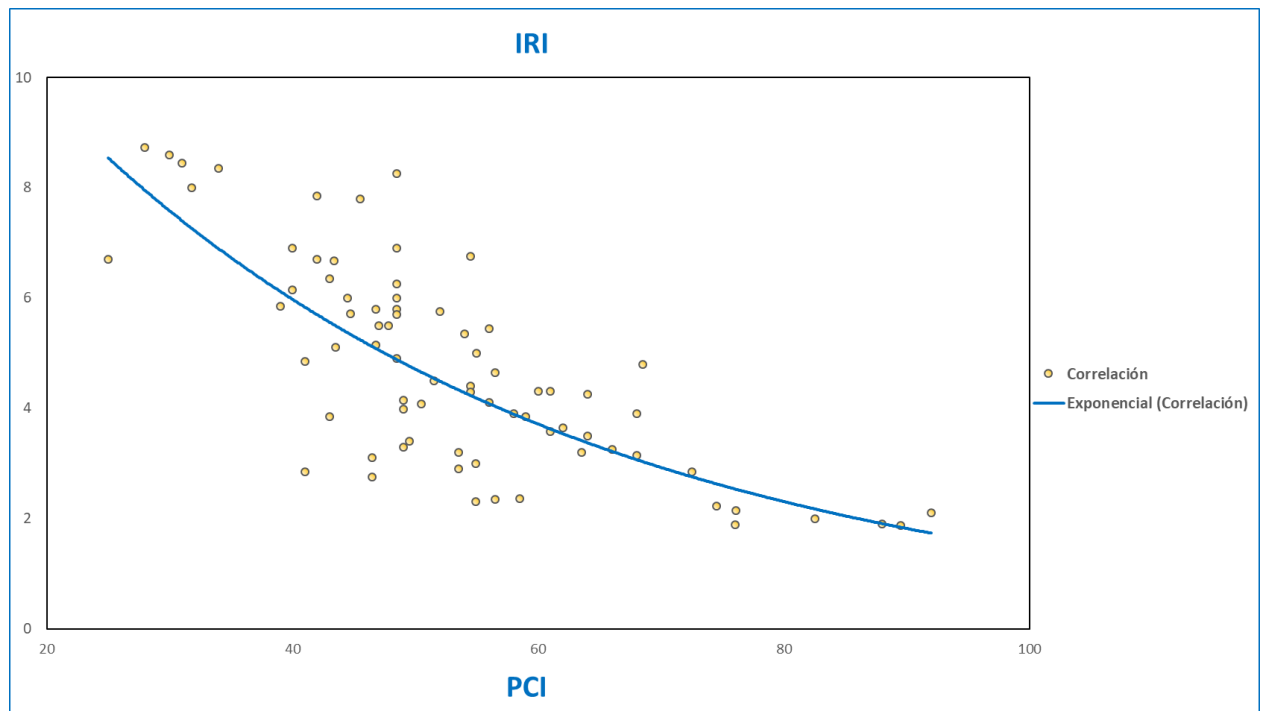
### 1.4.2 Macro

Según (Khavandi Khiavi, Naghiloo, y Rasouli 2019), uno de los problemas al aplicar la metodología del Índice de Condición del Pavimento, basada en la AASHTO D6433 es la cantidad de unidades de muestra; por ende, estudios sobre estadística inferencial demuestran que normalizar el PCI de cada muestra, en contraste con una muestra estándar ahorra tiempo y recursos con un coeficiente de correlación de 0.93 utilizando el software SPSS para 200 muestras en una carretera de 4 kilómetros; esto sustenta que la selección de unidades al discretizar los resultados es la adecuada y no influye significativamente en el resultado.

(Saadulla, Ibrahim Mohammed, y Sani 2019), indica que el mayor problema en la infraestructura vial no es el diseño o construcción sino el mantenimiento; provocando deterioro en la calidad, servicialidad e integridad del pavimento, haciendo necesario diseñar un plan de monitoreo continuo basado en el PCI para efectuar mantenimientos regulares; evidenciando

que el enfoque del estudio es el correcto en contraste con la situación de la temática en la sociedad contemporánea.

**Figura 9.** Gráfica de Correlación entre IRI y PCI



**Fuente:**(Hasibuan y Surbakti 2019)

La correlación entre IRI y PCI indica el grado de riesgo de la carretera en virtud de la agrupación de datos, tipos de fallas, nivel de servicio y estado; permitiendo inferir su evaluación gráficamente sintetizando datos, tal como se aprecia en la figura 9, en la cual me indica que no siempre se obtendrá una buena correlación debido a que el IRI solo mide las irregularidades y el PCI realiza una evaluación integral.

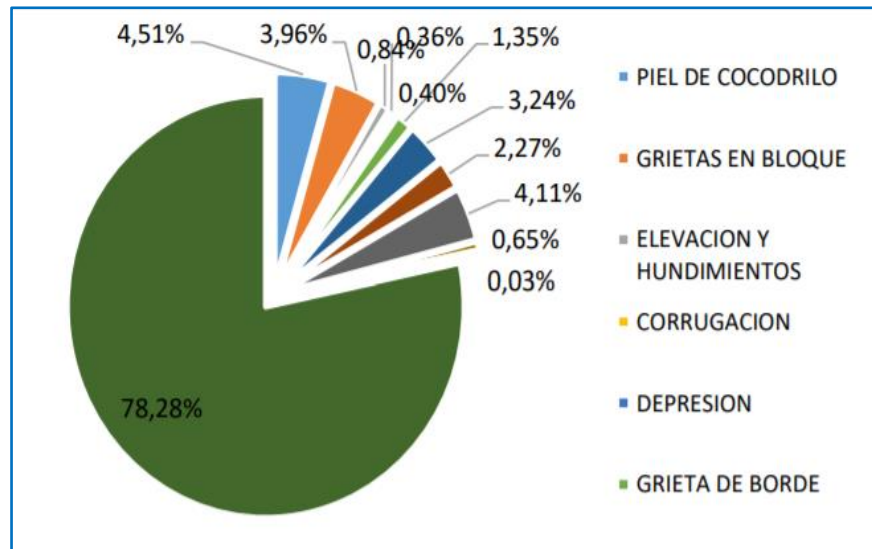
### 1.4.3 Meso

Según (Yáñez-Cepeda, Haro-Avalos, y Aguirre-Mateus 2021), en la ciudad de Babahoyo se realizan estudios sobre seguridad vial, destacando la importancia de conocer el PCI e IRI para elaborar un plan de mantenimiento acorde a las necesidades de las carreteras; además se evidencia la importancia de concientizar a los organismos encargados de mantener en óptimas condiciones la infraestructura vial y educar a los conductores/peatones al equilibrar la seguridad vial, armonizando tanto factor humano como técnico en las carreteras urbanas.

Estudios en la costa ecuatoriana, demuestran que la mayoría de fallas se deben a los cambios de temperatura, aumento en el volumen del tráfico y falta de mantenimiento; evidenciando la

relevancia de implementar una metodología para garantizar el estado adecuado de las carreteras locales, previniendo accidentes y facilitando el comercio entre las regiones.

**Figura 10.** Tipos de fallas más comunes en carretera del Aeropuerto de Manta.



Fuente:(Solis 2020)

Un aspecto interesante en el marco del mantenimiento en infraestructura vial, es la inexistencia de un plan de ordenamiento urbano, vehicular y presupuesto para garantizar el buen estado y nivel de servicio de las carreteras nacionales (del Roció Salas Salazar, Chiluzza, y Moreno 2020).

#### 1.4.4 Micro

De acuerdo con (Cobos Maldonado 2015), en la ciudad de Machala una evaluación a la avenida Arizaga entre 9 de mayo, Guayas y Ayacucho mediante el PCI demostró que su deterioro es del 74.4%, siendo calificada como mala. En función del TPDA, se determinó que es una carretera de alto tráfico vehicular; esto demuestra la imperiosidad de evaluar las carreteras para mantenerlas en óptimas condiciones garantizando su serviciabilidad y seguridad.

Se cita el presente estudio como antecedente a nivel local; puesto que no existen investigaciones de cuarto nivel en torno a la evaluación y desarrollo de una propuesta para el mantenimiento vial; demostrando la responsabilidad social tanto de la profesión como de la UTMACH al involucrarse en los problemas de la comunidad y darles solución, a la vez que se aplica la investigación científica como mecanismo de progreso e integridad en la provincia.

## **CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **2.1 Métodos:**

“El método científico es el conjunto de pasos, técnicas e instrucciones que se utilizan para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis.” (Hernández-Sampieri y Torres 2018).

En esta investigación se exponen las instrucciones de forma secuencial para obtener la información, caracterización y elaboración de una metodología para la evaluación de vías rurales, considerando la regularidad superficial de pavimentos flexibles. Los métodos aplicados en esta investigación son: Teóricos (análisis y síntesis documental) y Empíricos (de campo).

### **2.2 Teórico documental**

La investigación documental es un proceso que facilita aciertos, evita errores y clarifica el aprendizaje de la investigación de cualquier tema, época, autor, además garantiza un aporte de nuevos conocimientos y la construcción de elementos que complementen el perfil crítico documental actual (Posada González 2017). Mediante este método iniciamos con la búsqueda de información sobre evaluación de vías, considerando la regularidad superficial de pavimentos, para esto fue necesario la revisión de artículos científicos indexados, tesis de maestría relacionado con el tema de mi tesis, libros, leyes y reglamentos actualizados.

### **2.3 Empírico de campo**

La investigación de campo podría definirse como la investigación que se realiza en el lugar donde ocurren los hechos sin manipular deliberadamente las variables, lo que se hace en la investigación no experimental es observar los fenómenos en su ambiente natural para estudiarlos.(Vásquez 2020).

Los datos de campo para la presente investigación se realizaron considerando las normas ASTM D6433, en la cual se analiza y evalúa el tipo de fallas existentes en los tramos identificados para su estudio. Además, para el análisis de la regularidad superficial se utilizó la aplicación IRI para Smartphone, valiéndonos de la ayuda de una camioneta doble cabina marca Mitsubishi L200 a diésel, para la toma de datos.

## 2.4 Tipo de estudio

En la presente investigación se realizaron estudios de tipo exploratorios, mediante un análisis documental-cuantitativo del objeto de estudio a través de la búsqueda, lectura, interpretación y apropiación de la información de fuentes primarias y secundarias que nos permitió obtener la información necesaria para la redacción del presente estudio.

Luego se realizaron estudios descriptivos de acuerdo a las variables propuestas en la investigación que fueron relacionadas con los trabajos de tipo documental y de campo, considerando la normas ASTM D6433 (No experimentación) para analizar en periodo transversal debido al tiempo corto en que van cambiando las fallas de la vía.

Posteriormente se relacionaron las variables para realizar las tomas de decisiones para la ejecución de la presente metodología de evaluación de vías rurales.

## 2.5 Paradigma

“El paradigma cuantitativo positivista sigue una sucesión lineal, sistemática en la cual tiene como objetivo de comprobar la hipótesis por medio de datos estadísticos descriptivos considerando la población, muestra técnicas e instrumentos de recolección de datos. Instrumentos que deben cumplir con un proceso de validez y confiabilidad.”(de Franco y Solórzano 2020).

La presente investigación corresponde a un paradigma positivista de acuerdo a lo afirmado por (de Franco y Solórzano 2020).El positivismo afirma que la realidad es absoluta y medible, la relación entre investigador y fenómeno de estudio debe ser controlada, puesto que no debe influir en la realización del estudio. Los métodos estadísticos inferenciales y descriptivos son la base de este paradigma, ya que se considera que la evaluación del PCI, IRI Y PSI, utiliza métodos empíricos para su análisis e interpretación.

## 2.6 Enfoque

Esta investigación tiene un **Enfoque Mixto**: las cuales nos indican que son métodos que combinan en una misma investigación las miradas cuantitativas y cualitativas en vistas de la realización de la fase empírica del estudio. Luego de describir sus características generales y sus principales críticas, se presentan los elementos mínimos que se consideran deberían ser explicitados cuando se emplean los métodos mixtos, con la finalidad de asegurar una vigilancia investigativa y una coherencia epistemológica.(Moscoso 2017).El diseño del enfoque mixto

usado en la presente investigación es **Concurrente Transformativa**: “en la cual nos indica que los datos se recogen al mismo tiempo durante una fase de recogida de datos y pueden tener prioridad igual o desigual (PCI y IRI)”(Moscoso 2017).

## **2.7 Universo y Muestra**

- El Universo o la Población se considera un estudio caso que puede ser aplicado a las vías rurales del cantón Santa Rosa.
- La Muestra de estudio de aplicación e está conformada por la Vía Santa Rosa-Bellavista-La Avanzada, que tiene una longitud de 7.643 km de longitud.

## **2.8 Tipo de Muestreo**

En esta investigación se consideró el tipo de muestreo No Probabilístico-Sistemático, considerando que para su análisis se siguió las normas establecidas por el método ASTM D6433.

## **2.9 Métodos Teóricos**

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.(Arias 2012). Mediante este método iniciamos con la búsqueda de información sobre evaluación de vías, considerando la regularidad superficial de pavimentos, para esto fue necesario la revisión de artículos científicos indexados, tesis de maestría relacionado con el tema de mi tesis, libros, leyes y reglamentos actualizados.

## **2.10 Métodos Empíricos**

En la presente investigación, se inició utilizando el método de la Observación en lo que corresponde a la evaluación de fallas de la capa de rodadura (PCI), y se concluyó con el método de la Medición para evaluar la regularidad superficial (IRI), mediante la utilización de la aplicación IRI para Smartphone.

## **2.11 Técnica Estadística**

En la presente investigación se aplicó la Técnica Estadística Descriptiva, la misma que nos permitió interpretar los resultados obtenidos para la evaluación de vías rurales considerando la

regularidad superficial de pavimentos flexibles: Estudio caso vía Santa Rosa –Bellavista –La Avanzada.

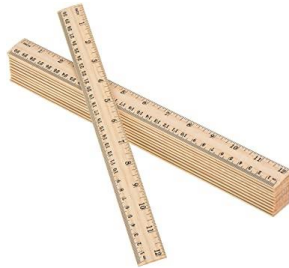
## 2.12 Materiales

En las siguientes figuras se muestra los materiales que se utilizaron para realizar los respectivos trabajos de campo.

**Figura 11.** Materiales empleados para medir las características de los deterioros del pavimento (PCI).



a) Cinta



b) Regla



c) Conos de seguridad



d) Flexómetro

**Figura 12.** Materiales empleados para medir la regularidad superficial en pavimentos (IRI).



a) Huawei y9 con aplicación IRI y sujetador



b) Camioneta L200 Mitsubishi



c) Nivel Topográfico



## CAPÍTULO 3: PROPUESTA METODOLÓGICA.

### 3.1 Título

Propuesta Metodológica para la evaluación de vías rurales, considerando la regularidad superficial de pavimentos flexibles: estudio caso vía Santa Rosa –Bellavista – La Avanzada del Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro.”

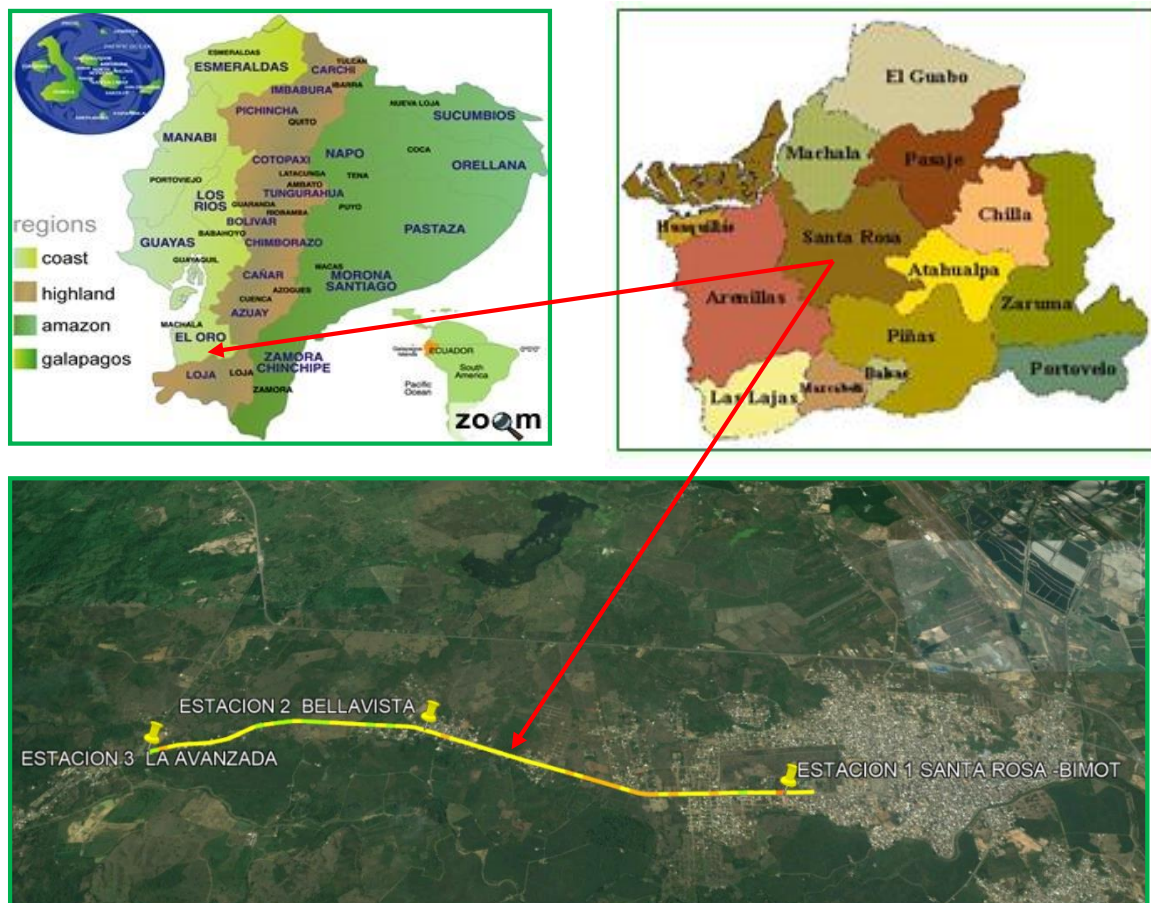
### 3.2 Beneficiarios

Los principales beneficiarios de este proyecto son los habitantes del Cantón Santa Rosa, Bellavista y La Avanzada, que transitan directa o indirectamente en sus medios de transporte. Además, se benefician los medios de transporte urbano, turistas y demás tránsitos que utilizan esta vía para sus traslados a diferentes Parroquias, Cantones y Provincias.

### 3.3 Ubicación y Localización del Proyecto.

Este proyecto se encuentra ubicado entre el Cantón Santa Rosa y las Parroquias de Bellavista y La Avanzada, que pertenecen a la Provincia de El Oro.

**Figura 13. Ubicación del proyecto**



**Fuente:** El Autor

### 3.4 Antecedentes de la propuesta

(González-Fernández y Ruiz-Caballero 2019), en su investigación “Propuesta de Metodología para la evaluación de pavimentos mediante el ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)”, nos indica que durante los años en que un pavimento se encuentra al servicio es solicitado por las acciones de las condiciones climáticas y el tránsito, lo cual disminuye progresivamente la calidad de las características mecánicas y funcionales de los materiales que lo constituyen.

En su trabajo se refleja los resultados de un análisis bibliográfico que permitió establecer, en primer lugar, los diferentes métodos de evaluación de los pavimentos flexibles, con énfasis en los índices globales y dentro de estos en el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI). De acuerdo a su análisis de la superficie de pavimento flexible del tramo Seminario Bautista-Loma la Cruz (Acceso Camino Viejo del Cobre) de la Carretera Central, se obtuvo que es un pavimento regular de acuerdo a lo establecido por el método (PCI).

Según (Hasibuan y Surbakti 2019). La carretera es una infraestructura que se construyó para soportar el movimiento del vehículo de un lugar a otro, cuyos movimientos ocasionan daños en la infraestructura, para mantener las vías en buena condición se tiene un programa periódico mediante la realización de una inspección funcional objetiva de las carreteras utilizando el índice de Regularidad Internacional (IRI). También es necesario realizar un examen funcional subjetivo, uno de ellos es el ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI). Entonces es necesario que exista un modelo para obtener la relación entre estos dos parámetros de la carretera. Según estudios realizados existe una diferencia entre las condiciones funcionales de PCI e IRI. La ecuación derivada de estos dos parámetros es por la ecuación de regresión exponencial, con la ecuación  $IRI = 16.07 \exp^{-0.26PCI}$ . Con el coeficiente  $R^2$  del 59 % con valor de coeficiente de correlación (r) de -0.768. El valor  $R^2$  indica que el PCI ejerce una fuerte influencia en el valor del IRI.

De acuerdo a (Mendieta 2019), narra en su trabajo de investigación que el IRI mide la regularidad del pavimento, que se obtuvo utilizando la aplicación Roadroid. Roadroid entrega dos índices, uno enfocado en la textura superficial y el otro en la regularidad, denominados eIRI y cIRI, respectivamente. Según los resultados obtenidos del PCI, el 45 y 35% de las secciones presenta una condición excelente y buena, respectivamente, mientras que el 11 y 9% restante tiene una condición aceptable y mala. En todas las secciones clasificadas en estado malo, se manifiestan las fallas: agrietamiento lineal, parcheo largo y despedazamiento;

concluyendo que estos 3 tipos de fallas son los que más afectan al estado funcional de la carretera y éstos cubren grandes áreas produciendo importantes depresiones en la superficie.

### 3.5 Justificación

La evaluación superficial de las carreteras es de mucha importancia, ya que podemos llevar un control del estado de las vías y poder realizar las actividades de mantenimiento preventivo, periódico, correctivo, rehabilitación o actividades de estabilización y así mejorar la calidad de tránsito brindando la comodidad y seguridad a los usuarios.(Garcés 2017).

En la Provincia de El Oro debido a las limitaciones económicas, las entidades públicas a cargo de los trabajos de mantenimiento preventivo, periódico, correctivo, rehabilitación o actividades de estabilización de pavimentos, no cuentan con los estudios necesarios para poder gestionar y realizar el tipo de mantenimiento necesario, desde ahí nace la importancia de garantizar el tránsito vial permitiendo establecer una metodología para evaluación de la superficie del pavimento mediante el índice de condición del pavimento (PCI) y el IRI, que permita la toma de decisiones oportunas, las mismas que reducirán el costo de operación y mantenimiento la cual mejorará la calidad de tránsito, reducirá los tiempos de viaje y mejorara la comodidad y seguridad de los beneficiarios.

### 3.6 Objetivos

#### 3.6.1 Objetivo General

- ✚ Elaborar una metodología para la **evaluación de vías rurales**, considerando la **regularidad superficial de pavimentos flexibles**, estudio caso vía Santa Rosa – Bellavista – La Avanzada del cantón Santa Rosa.

#### 3.6.2 Objetivos específicos

- ✚ Determinar los estudios de **regularidad superficial de pavimentos flexibles** en función del IRI, PSI y PCI. para la **evaluación de vías rurales**.
- ✚ Caracterizar las fallas que afectan la **regularidad superficial de pavimentos flexibles** y su relación con el IRI, PSI y PCI en la **evaluación de vías rurales** del cantón Santa Rosa.
- ✚ Analizar los índices del IRI, PSI y PCI, en función de la **evaluación de vías rurales** que permita elaborar una **propuesta metodológica**.

### **3.7 Análisis de factibilidad**

Para el desarrollo de un proyecto de mantenimiento vial se puede emplear la propuesta metodológica desarrollada en la presente investigación. Para esto es necesario seguir ciertos pasos basados en la presente propuesta, la misma que puede ser realizado por un profesional con básicos conocimientos en vialidad, suelos y pavimentos. Para esto se debe utilizar ciertos materiales y equipos descritos anteriormente, luego se continua con los trabajos de campo considerando las normas vigentes y posteriormente se realiza los trabajos en oficina en la cual se obtiene las características de las fallas que tiene la capa de rodadura, así como también los valores del IRI. Con estos datos se procederá a planificar el tipo de mantenimiento como solución para la vía en estudio, con el fin de obtener una vía segura, confiable, cómoda, la misma que reduce los costos de operación, disminuye el consumo de combustible y repuestos de vehículos y reduce los tiempos de viaje.

### **3.8 Fundamentación teórica**

El presente trabajo tiene como objetivo investigar la regularidad superficial de pavimentos flexibles en función del ÍNDICE DE REGULARIDAD SUPERICIAL (IRI), ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI) e ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI), y mediante los cálculos y datos obtenidos se propone realizar una metodología de evaluación de vías rurales para el caso de la vía Santa Rosa-Bellavista-La Avanzada, del cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro.

El daño en pavimentos puede ser causado por varias condiciones, uno de ellos es el incremento del volumen de tránsito, demasiada agua en la superficie, exceso de carga de tráfico (sobrecarga), planificación inadecuada, mala implementación o monitoreo de carreteras, además los costos de mantenimiento, demoras en el financiamiento, manejo inadecuado y acelerado cambio climático, todo esto influye a la destrucción de los pavimentos. La selección del mantenimiento adecuado de la carretera se realiza evaluando el estado de la superficie de la carretera en función del tipo de daño, que se determina visualmente y utilizando dispositivos de medición. Existen varios métodos de enfoque que se puede utilizar para evaluar el estado de las carreteras, de las cuales tres son métodos de IRI (International Índice de rugosidad), método PCI (Índice de condición del pavimento) y el método de Carreteras (Índice de angustia de superficie). (Suryoto, Siswoyo, y Setyawan 2017)

El enfoque principal de la evaluación del estado de la carretera se clasificó en dos grupos: inspección visual y láser medición por perfilador de carreteras. La inspección visual se puede realizar fácilmente sin utilizar instrumentos costosos. Sin embargo, depende mucho de la habilidad de los inspectores. Los resultados de la inspección son subjetivos. además, la inspección lleva mucho tiempo. Por otro lado, la medición precisa por el perfilador o perfilómetro son calibrados a partir del rugosímetro de Merlín. (Zhao et al. 2016)

La evaluación de regularidad de la superficie de la carretera juega un papel importante en la gestión de la infraestructura de transporte. Muchos se han propuesto enfoques para evaluar las condiciones de la superficie de la carretera, sin embargo, la mayoría de estos son trabajos o tareas intensivas o hacer uso de instrumentos especializados y caros. El concepto de "percepción ciudadana", que aprovecha los teléfonos inteligentes ricos en sensores, ha sido empleado por científicos debido a su bajo costo y alta eficiencia.(Li y Goldberg 2018)

### **3.9 Metodología (PASOS)**

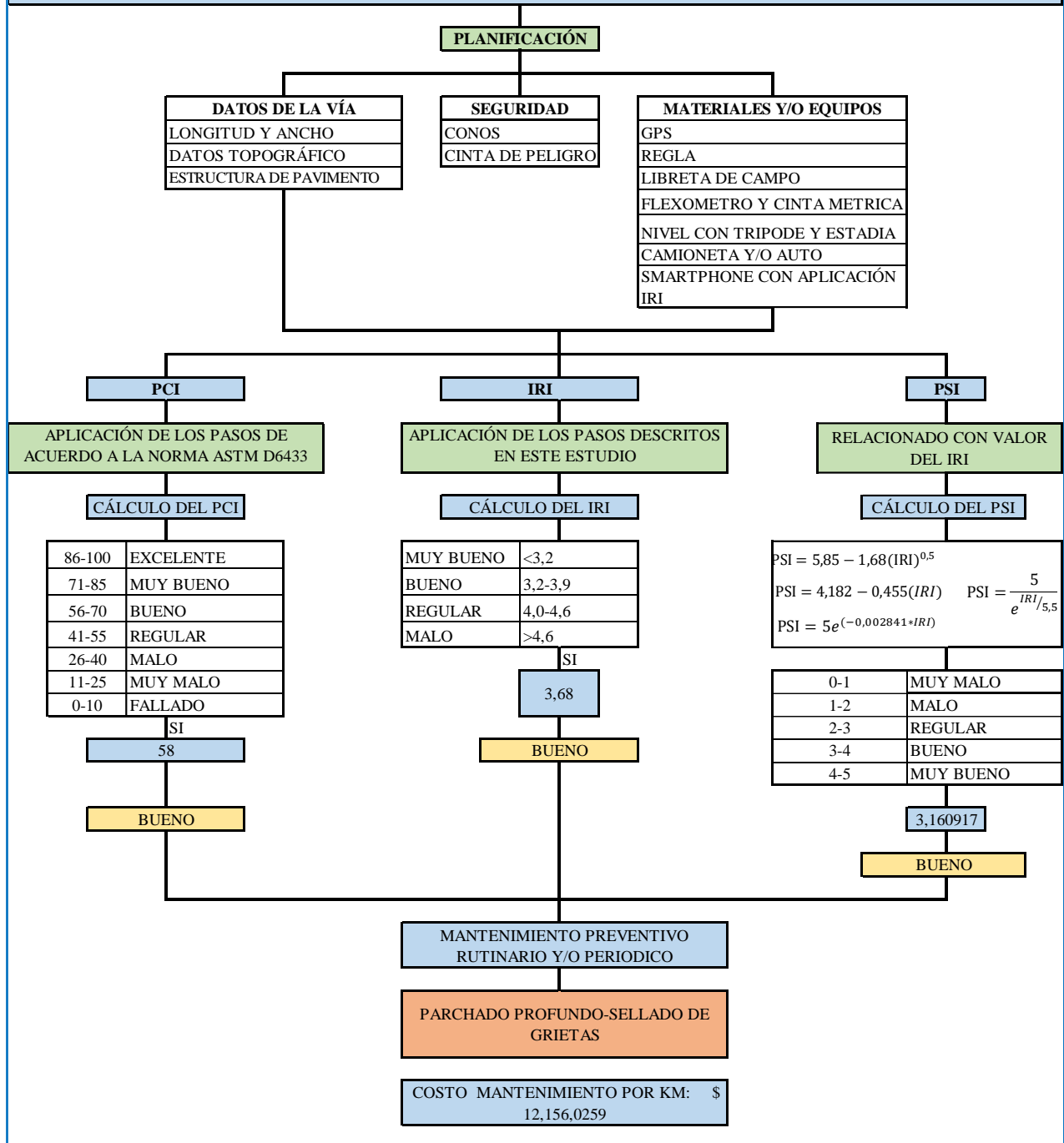
El objetivo de esta metodología es encontrar una guía técnica que sirva para la EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE de los pavimentos flexibles, en este caso se estudió la vía Santa Rosa – Bellavista-La Avanzada.

En esta propuesta se considera 3 índices ya conocidos para su evaluación entre ellas está el PCI, IRI y PSI. Una vez obtenidos dichos valores estos servirán para plantear un tipo de conservación y mantenimiento a realizar por el proyectista, los mismos que al ejecutarse permitirán brindar un buen servicio a los usuarios disminuyendo el tiempo de viaje, reduciendo los costos de mantenimiento, mejorando el confort y permitiendo transitar con seguridad.

En el presente mapa conceptual, se describe los pasos a seguir para plantear la solución como metodología de vías rurales, la cual se debe evaluar en función de los índices antes descritos, como solución al final se plantea el tipo de manteniendo a ejecutarse por el consultor o la entidad contratante.

La presente puede utilizarse para la evaluación de vías rurales con cualquiera de los 3 indicadores o bien relacionados entre sí.

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE VIAS RURALES CONSIDERANDO LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLES**



Fuente: El Autor

### 3.9.1 Métodos para la evaluación superficial e integral de los pavimentos flexibles.

**Tabla 5. Métodos de evaluación en la Superficie**

METODOS DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL	
<b>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL</b>	Son parámetros de la capacidad estructural presentes en las capas que componen el paquete estructural.
<b>Trabajos a Realizarse</b>	
*Evaluación Superficial del Pavimento.	
*Evaluar el Drenaje	
*Determinar Espesores y Tipo de Materiales de la Estructura de la Vía.	
*Medición de Deflexiones del Pavimento.	
Viga Benkelman	
Dynalect	
Deflectómetro	
Falling weight deflectometer	

Fuente: **Elaboración Propia.**

**Tabla 6. Evaluación funcional**

<b>EVALUACIÓN FUNCIONAL</b>	Tiene por objetivo principal reconocer las deficiencias que relacionan la calidad de la superficie y la condición del pavimento, considerando la comodidad, seguridad y economía. Las deficiencias son:		
<b>Deficiencia</b>	<b>Concepto</b>	<b>Métodos</b>	<b>Equipos</b>
<b>Regularidad</b>	Se define como las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad de rodado de los vehículos, y por lo tanto la calidad del servicio brindada al usuario	<b>IRI:</b> Relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo divididos entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. Se expresa en mm/m o m/km	Los Rugosímetros y Perfilómetros (Analizador de Regularidad Superficial o Perfilógrafo Láser de Alto Rendimiento), las que se presentan en una gran variedad, alternativamente a los más sofisticados, se tienen otros de bajo rendimiento y

			más económico como el Merlín
		<b>PSR (Present Serviciability Rating):</b> El juicio subjetivo de un observador respecto a la capacidad actual del pavimento para servir al usuario.	Plantillas de evaluación
		<b>PSI (Present Serviciability Index):</b> Corresponde a una estimación del PSR basada en correlaciones con mediciones objetivas de rugosidad y otros defectos presentes en el pavimento tales como grietas, baches y ahuellamiento.	Con valores del IRI, y aplicaciones.
<b>Fallas Superficiales</b>	Son deterioros que se manifiestan en la superficie del pavimento y son medibles sin la necesidad de equipos especiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la serviciabilidad del pavimento,	<b>PCI:</b> Este método establece el modo más completo, de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos. Ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (ASTM D6433-03).	Inspección visual(Flexómetro-Cinta-Reglas-Odómetro-Guía de Fallas)



	<p>sin embargo, su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro.</p>	<p><b>VIZIR:</b> la cual es una metodología desarrollada por el laboratorio central de puentes y calzadas de Francia en 1972. Establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales</p>	<p>Inspección visual y cámaras</p>
<p><b>Pérdida de Fricción</b></p>	<p>Relacionada a la seguridad, ya que ha de proporcionar al usuario una superficie de rodadura segura en que en todo momento se consiga una buena adherencia neumático-pavimento. Es un defecto que tiene relación directa con el usuario, particularmente con los segmentos de alta velocidad, zonas de frenado como un cruce de peatones, en colegios y curvas de radio pequeño o curvas de radio amplio con</p>	<p><b>IFI: Índice de Fricción Internacional</b> , el cual relaciona la fricción con la velocidad de deslizamiento. Se expresa mediante dos números: el primero representa la fricción valor adimensional, con rango entre 0 (deslizamiento perfecto, sin adherencia) y 1 (máxima adherencia) y el segundo representa la velocidad, asociada con la macro-textura, su magnitud no tiene rango definido.</p>	<p>Grip Tester (Costa Rica):</p>
			<p>Péndulo Skid Tester (Ingles)</p>
			<p>Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine</p>
			<p>Prueba del circulo de la arena</p>

	peraltes menores a 6%.		
	Asociado con la economía, relacionada con	Modelo McFarland (USA)	Está en función del índice de serviciabilidad
		Modelo HDM III	Requiere de muchas variables ,y fue desarrollado por
<b>Costo de Usuario</b>	los costos operativos de los vehículos y el costo del viaje de los usuarios.	(Highway Design and Maintenance Standards Model)	el Banco Mundial, y está relacionado con los Costos Operativos del vehículo.
		Modelo SCUP (Sistema de Costo Usuario en Pavimento).	Esta e función de los modelos anteriores.
<b>Medio Ambiente</b>	Relacionado con el ruido entre Neumático-Pavimento. En vías con velocidades de circulación superiores es conveniente que la profundidad media de la rugosidad esté comprendida entre 0,71 y 1 mm. Las texturas muy rugosas pueden ser demasiado ruidosas tanto para los usuarios como para los habitantes de la zona.	El Método Estadístico del Paso de Vehículos (Statistical Pass-By) recogido en la norma UNE EN ISO 11819-1, y que utiliza micrófonos situados en las proximidades de la carretera	Equipo Screm
			Equipo SPB (Statiscal Pass By)
			Equipo del CEDEX
		Método de Proximidad (Close Proximity Method CPX) recogido en el proyecto de norma ISO/CD 11819-2.	Equipo de Medida de la Absorción Acústica por el Método de la Superficie Extendida

Fuente: **El Autor**

### 3.9.2 Metodología para la evaluación del pavimento flexible mediante el método del ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI.

#### TRABAJO DE CAMPO:

Es un procedimiento muy importante, el conocer los antecedentes de la vía en estudio, pues se analizará el estado en la cual se encuentra con respecto a la evolución que ha venido surgiendo desde su construcción.

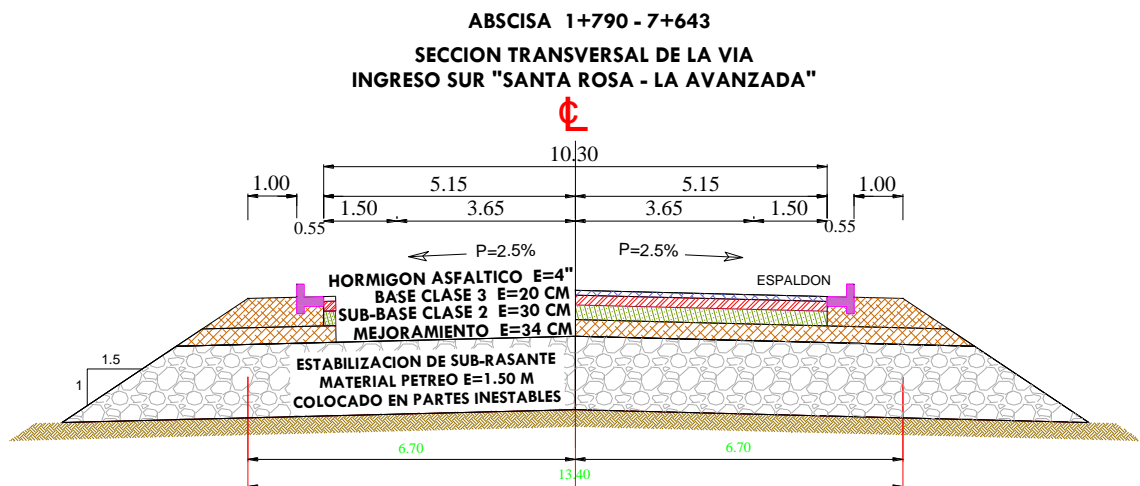
#### INSPECCIÓN VISUAL:

Dentro del presente trabajo se consideró muy importante la inspección visual para poder analizar e interpretar el tipo de fallas existentes de la vía de estudio. La observación en campo se la deberá hacer muy cuidadosamente registrando todas las fallas que se encuentren en el tramo de la muestra considerando además las unidades de dimensiones propuesta en la norma ASTM-D6433. Además, se realizará un reporte fotográfico con el fin de ir observando y corroborando el estado de la carretera.

#### DETERMINACIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO

La vía en su totalidad está conformada por un pavimento flexible la cual posee una estructura de mejoramiento de 34 cm, sub-base 30 cm, base de 20 cm y una capa de rodadura de 4 pulgadas. Transversalmente tiene diferentes dimensiones ya que desde la abscisa 0+000 hasta la 1+670 tiene cuatro carriles, dos de ida y dos de vuelta, mientras que desde la abscisa 1+790 hasta la 7+643 es una vía de dos carriles uno en cada sentido.

**Figura 14.** Perfil transversal de la vía.



## DIVISIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA

Para la división de la muestra se consideró el ancho de la calzada establecido por el Manual de Evaluación dado en la siguiente tabla.

**Tabla 7. Anchos de calzada y longitud de la muestra.**

ANCHO DE CALZADA(m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO(m)
5.0	46.00
5.5	41.80
6	38.30
6.5	35.40
7.3 (máximo)	31.50

**Fuente:** Longitud de unidad de muestreo-ancho de calzada (MTOP,2013)

Para la selección de la longitud de la muestra se consideró la tabla propuesta anteriormente que está basada de acuerdo a la norma ASTM-D6433, la cual proporciona valores establecidos para los anchos de calzada, la misma que para este estudio sobrepasa el ancho indicado en la tabla y corresponde a una vía de 10.30 metros, motivo por el cual se consideró el área base establecido en la norma ASTM-D6433 que corresponde a  $230 \pm 93$  m. Con esta área se divide para el ancho de la calzada quedando así una longitud de muestra de 22.33 metros y que para este estudio se asumió 22.30 metros. A continuación, se presenta una tabla con los datos de la vía y la longitud de la muestra.

**Tabla 8. Datos de la vía.**

Longitud total de la vía :	7643.0 m
Área de muestra:	230,0 m <sup>2</sup>
Ancho de la Vía :	10,30 m
Longitud de la muestra :	22,30 m

**Fuente: El Autor**

Para la obtención del número total de muestras, se divide la longitud total de la vía para la longitud total de la muestra, de acuerdo a lo propuesto por (Karim, Rubasi, y Saleh 2016).

$$N = \frac{\text{Longitud total de la via}}{\text{Longitud de la muestra}} = \frac{7640 \text{ m}}{22.30 \text{ m}} = 342.60 \approx 343$$

Dado que el análisis se debe realizar a lo largo de toda la vía en estudio, en ciertos casos no es posible por el monto a invertirse o bien por cuidar de la seguridad de los trabajadores, por tal motivo es necesario calcular el número de unidades de muestra, para la cual se utiliza la fórmula número 1, en la cual (Karim, Rubasi, y Saleh 2016), considera un error de  $e = 5\%$  y una desviación estándar de  $\sigma = 10$ , que genera una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{Nx \sigma^2}{\frac{e^2}{4} x(N - 1) + \sigma^2} \quad (1)$$

$$n = \frac{343x(10)^2}{\frac{(5)^2}{4}x(343-1)+(10)^2} = 15.32 \approx 15$$

Del número total de muestras 343, 15 serán evaluadas.

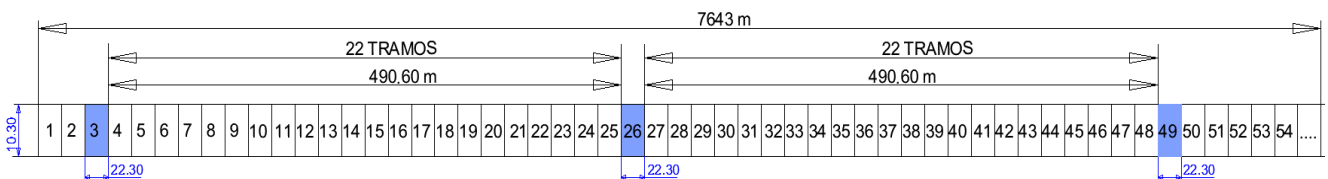
Cuando se realiza el análisis de una vía, siempre existen muestras adicionales que son representativas y que no pudieron estar contempladas dentro del muestreo. Por tal razón deben ser consideradas para su estudio, como unidades de muestreo adicionales. Sin embargo, para este caso se tomaron 28 muestras en toda la vía es decir las 15 de acuerdo a lo establecido a las normas ASTM-D6433 y las adicionales fueron poco representativas las mismas que no fueron analizadas.

### SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN.

Se calcula las unidades de muestra a ser inspeccionadas aplicando el método aleatorio, para la cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$i = \frac{N}{n} = \frac{343}{15} = 22.86 \approx 22$$

**Figura 15.** Representación de sección e intervalo de unidades de muestra a inspecciona en forma aleatoria





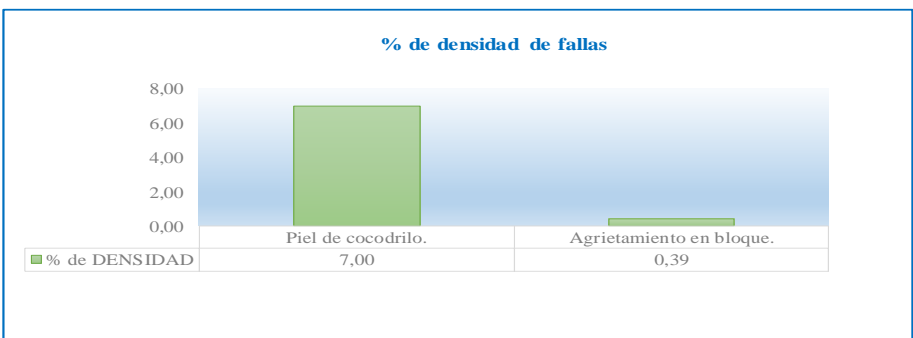
**Fuente:** El Autor

De la gráfica antes observada se identifica los tramos de color azul, estos serán los tramos a ser evaluados para calcular el PCI.

### **DETERMINACION DEL PCI EN LAS SECCION DE ESTUDIO**

Analizando la bibliografía establecida para realizar la toma de muestras mediante la norma ASTM-D6433-07, se ejecutaron los trabajos de campo, los mismo que fueron evaluados para encontrar el PCI respectivo de cada tramo y posteriormente se analizó el PCI general para toda la vía. Los datos evaluados fueron plasmados en la siguiente tabla:

**Tabla 9.** Tabla de evaluación del PCI.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA</b>								
		<b>CENTRO DE POSGRADOS</b>								
		<b>MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL</b>								
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>										
<b>Vía :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada			<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez					
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020			<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.					
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica			<b>Abscisa inicial:</b>	0+44,60		<b>Abscisa final:</b>	0+66,90		
				<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69		<b>N° de Tramo</b>	1		
Tipos de fallas		Unidad	Tipos de fallas		Unidad					
<b>1</b>	Piel de cocodrilo.		m <sup>2</sup>	<b>11</b>	Parcheo.		m <sup>2</sup>			
<b>2</b>	Exudación.		m <sup>2</sup>	<b>12</b>	Pulimento de agregados.		m <sup>2</sup>			
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque.		m <sup>2</sup>	<b>13</b>	Huecos.		Nº			
<b>4</b>	Abultamientos y hundimientos.		m	<b>14</b>	Cruce de via férrea.		m <sup>2</sup>			
<b>5</b>	Corrugación.		m <sup>2</sup>	<b>15</b>	Ahuellamiento.		m <sup>2</sup>			
<b>6</b>	Depresión.		m <sup>2</sup>	<b>16</b>	Desplazamiento.		m <sup>2</sup>			
<b>7</b>	Grieta de borde.		m	<b>17</b>	Grieta parabolica (slippage).		m <sup>2</sup>			
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta.		m	<b>18</b>	Hincharmiento.		m <sup>2</sup>			
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón.		m	<b>19</b>	Desprendimientos de agregados.		m <sup>2</sup>			
<b>10</b>	Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES										
Falla		Unidad	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total			
Piel de cocodrilo.		m2	M	2,10	1,60		3,36			
Piel de cocodrilo.		m2	M	1,2	0,5		0,60			
Piel de cocodrilo.		m2	M	10,1	1,2		12,12			
Agrietamiento en bloque.		m2	M	1	0,9		0,90			
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES										
Falla		Unidad	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q		
Piel de cocodrilo.		m2	M	16,08	7,00	42	42	1		
Agrietamiento en bloque.		m2	M	0,90	0,39	0				
							m	6		
CALCULO DEL PCI										
VALORES DEDUCIDOS								TDV	q	CDV
42								42	1	42
								CDV <sub>MAX</sub>		42
								PCI		58
								<b>CLASIFICACION</b>		
								<b>BUENO</b>		
% DE DENSIDAD DE FALLAS										
										

Fuente: El Autor

## CÁLCULO DE LOS VALORES DEDUCIDOS

Una vez concluida la inspección de campo, se procede a calcular el PCI. el mismo que es basado en los valores deducidos, considerando el tipo de falla y el nivel de severidad, para posteriormente calcular la densidad individual, el cálculo respectivo se muestra en la tabla n° 5 como ejemplo del procedimiento a seguir.

Los valores deducidos han sido calculados en función de las curvas establecidas en la norma ASTM-D6433-07.

A continuación, se presenta la manera como se usó los ábacos para el cálculo del PCI.

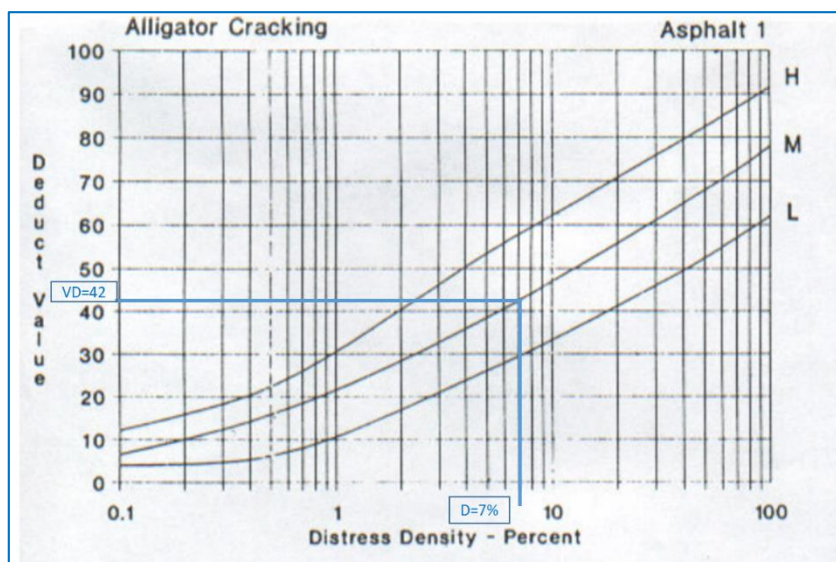
**Tabla 10.** Cálculo de los valores deducidos VDT

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES							
Falla	Unidad	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q
Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	M	16,08	7,00	42	42	1
Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	M	0,90	0,39	0		
						m	6

**Fuente:** El Autor

Una vez obtenidos los valores de las densidades procedemos a ingresar a los ábacos, para el primer caso corresponde al ábaco de piel de cocodrilo y luego agrietamiento en bloque, los mismos que se los presenta a continuación:

**Figura 16.** Representación gráfica del valor deducido piel de cocodrilo.



**Fuente:** (Herreria s. f.) Manual de evaluación de pavimentos



### CÁLCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA

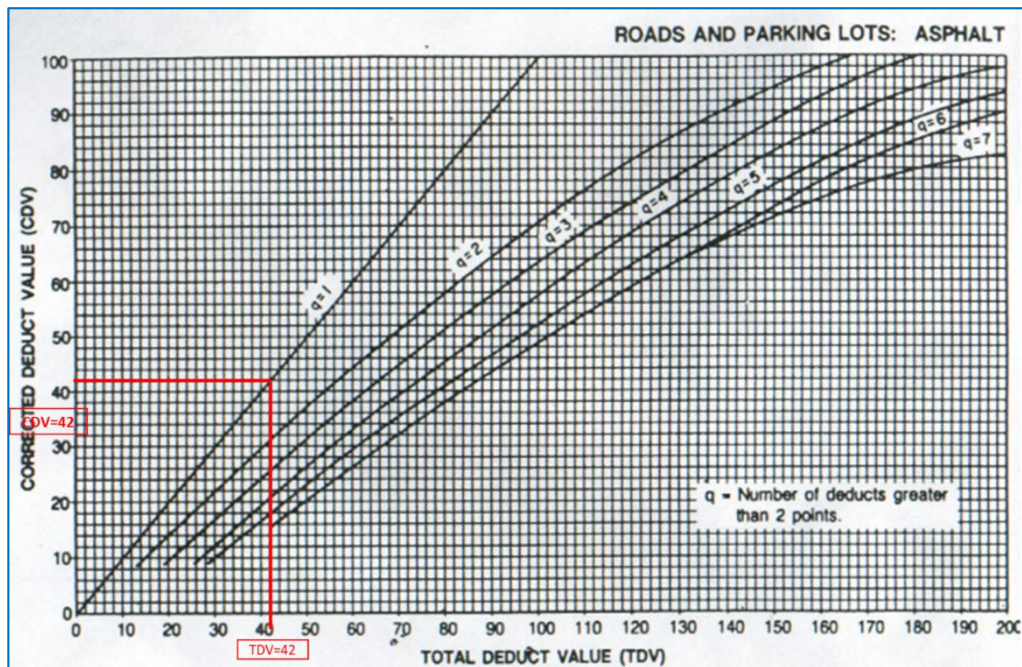
Calculados los valores deducidos totales (TDV=42) de cada una de las muestras, se procede a calcular el valor deducido corregido (CDV). Para ello se ingresa al ábaco con el valor del VDT y nos proyectamos hasta que corte con la curva del  $q=1$  (para este caso), y luego se traza una horizontal donde se obtiene el valor del CDV.

**Tabla 11. Cálculo de los valores corregidos CDV y CDV Max.**

VALORES DEDUCIDOS												TDV	q	CDV
42												42	1	42
													CDV <sub>MAX</sub>	42
													PCI	58
													CLASIFICACION	
													BUENO	

**Fuente:** El Autor

**Figura 17.** Representación gráfica del valor de deducción corregido CDV.



**Fuente:** (Herreria s. f.) Manual de evaluación de pavimentos

Finalmente, encontrado el CDV máximo, se procede a calcular el valor del **PCI**, para la cual se usará la siguiente formula:

$$PCI = 100 - CDV_{max}$$

$$PCI = 100 - 42$$

$$PCI = 58$$

Calculado este valor, se verifica el estado del tramo de la vía, para lo cual se considera la siguiente tabla de rangos propuesta por la norma ASTM-D6433-07.

**Tabla 12. Rangos establecidos para clasificación de las vías en función del PCI.**

RANGO		CLASIFICACION	SIMBOLOGIA
86	100	EXCELENTE	
71	85	MUY BUENO	
56	70	BUENO	
41	55	REGULAR	
26	40	MALO	
11	25	MUY MALO	
0	10	FALLADO	

**Fuente:** (Herreria s. f.) Manual de evaluación de pavimentos

Comprobando con los rangos establecidos, el valor indica que este tramo de vía se encuentra en estado **BUENO**.

### 3.9.3 Medición de la regularidad superficial IRI, con aplicación IRI para Smartphone versión civil-k 2019.

Para la medición del IRI. Se toma en cuenta la aplicación IRI para Smartphone, ya que es una nueva versión en la cual añade un nuevo algoritmo de cálculo y cambia la visualización añadiendo más claridad.

**Figura 18.** Logo IRI calculador versión civil-k 2019.



**Fuente:** (Pinilla Caro, Roncancio Cruz, y Others, s. f.) Abakal Ingenieros Consultores, 2019.

Este aplicativo permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS de los teléfonos móviles con sistema operativo Android. La cual realiza gráficas e informes del valor del IRI cada 100 m, permitiendo así poder calibrar adaptando un coeficiente de ajuste que permite obtener resultados aproximados y poder comparar con estudios exactos.

(Gonzalo López y Beingolea Villarreal 2021), en su tesis de grado “Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. Internacional, Tacna - 2021” concluye que para la medición del IRI entre estas dos metodologías son similares en las cuales obtuvo valores promedios para la calzada derecha entre el rugosímetro de merlín y el aplicativo ABAKAL IRI, se tuvo un resultado de 88.67%, y para la calzada izquierda se obtuvo un resultado de 86.19%. de la misma manera indica que promediando ambos resultados de IRI existe una similitud de una 87.43%.

De acuerdo a los creadores de este aplicativo (Abakal Ingenieros); esta aplicación tiene un grado de confiabilidad de acuerdo a la correlación que se realice antes de ser utilizada, es decir tiene un factor de ajuste que se relaciona con unos datos de IRI conocidos de una vía recién concluida o bien puede hacerse una medición manual (nivel-mira-cinta), con el fin de conseguir calibrar el coeficiente de ajuste. Mientras mejor se ajuste el factor puede llegar a tener una confiabilidad de hasta un 90%. Además, se debe conocerse que para obtener esta confianza es necesario realizar el recorrido a una velocidad constante de 80 km/h.

El software como el aplicativo fue desarrollado por la empresa ABAKAL Ingenieros Consultores, y se presenta como una gran opción debido a que es una herramienta de uso gratuito.

Para su cálculo establece dos métodos diferentes el estadístico y máximos. El primero se deriva de la ponderación relativa de primer y segundo orden de la vibración transmitida por el vehículo al dispositivo. El coeficiente de ajuste eleva o reduce dicha ponderación. El método por máximos establece unos valores límite, a partir de los cuales pondera el ensayo. Bajar el límite equivale a elevar el ensayo, por ello el coeficiente de ajuste es inverso a la ponderación del ensayo.

## **PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR EL IRI CON EL APLICATIVO IRI PARA SMARTPHONE.**

Los equipos e instrumentos que utilizaron para llevar a cabo este procedimiento de ensayo son los siguientes:

- ✚ Una camioneta doble cabina marca Mitsubishi L200, a diésel, 4x4.
- ✚ Un teléfono celular marca Huawei P30, con un sujetador de móvil.
- ✚ Aplicación IRI, Regularidad de Carreteras. Propuesto por Abakal.

### **MONTAJE DEL DISPOSITIVO MÓVIL.**

- ✚ Estacionar a camioneta en una superficie lo más nivelado posible (vía plana)
- ✚ Colocar la ventosa del soporte para teléfono en el salpicadero o colgando del parabrisas.

### **NIVELAR EL DISPOSITIVO HORIZONTALMENTE.**

- ✚ Aseguramos en el salpicadero o parabrisas
- ✚ Abrimos la aplicación y esperamos a que acceda a los archivos del dispositivo y al GPS.
- ✚ Esperamos q carguen los satélites y nos muestre las coordenadas de inicio y luego q la configuración este completa se presiona “iniciar”

### **RECOLECCIÓN DE DATOS CON LA APLICACIÓN IRI.**

- ✚ El ensayo se realiza desde la abscisa 0+000 hasta 7+643, es decir desde el cantón Santa Rosa, pasando por Bellavista hasta llegar a la Avanzada.
- ✚ Antes de realizar el ensayo se ejecuta la calibración de la aplicación mediante lo expuesto anteriormente, en la cual se considera valores de IRI calculados en una vía nueva, con estos valores se encuentra los valores del coeficiente de ajuste, una vez sincronizado y verificado los valores de IRI similares, se procede a trasladar el vehículo hacia la vía a ser estudiada.
- ✚ Se Presiona “conteo” y se empieza el recorrido por la vía de estudio, para el inicio siempre hay q considerar que el móvil ya este calibrado con su coeficiente establecido para obtener resultados lo más precisos, además se deberá mantener una velocidad promedio de 80 km/m, para esto antes de presionar conteo se debe considerar unos metros antes para adquirir la velocidad adecuada.

- ✚ No se debe interactuar con el teléfono, esto no permitirá una grabación adecuada de los datos.
- ✚ Cuando se concluya con la toma de datos de la vía en estudio, se procederá a presionar “parar” y luego “detener”.

## DATOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN IRI.

Esta aplicación proporciona dos archivos con el resultado del IRI, el uno viene con extensión CSV y el segundo con extensión KML, este último nos marca el recorrido realizado del ensayo.

A continuación, se presenta los resultados del IRI obtenidos en el carril de ida y venida, mediante esta aplicación:

**Tabla 13.** Valores de IRI, en carril de ida (derecho).

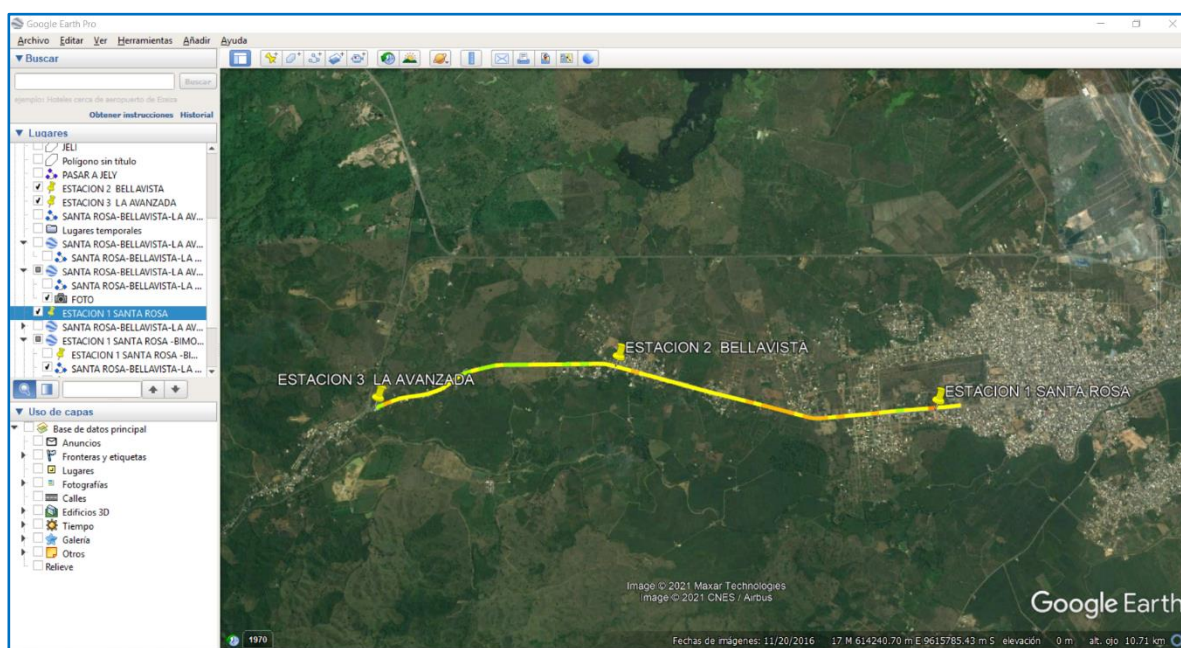
<b>Datos proporcionados por la aplicación IRI , en carril de IDA (Derecho).</b>						
<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Desplazamiento</b>	<b>Valor IRI</b>	<b>IRI PROMEDI O POR TRAMO DE 1 KM</b>
-3,464342	-79,959682	6,51	71,565	0	3,95	<b>3,90</b>
-3,465281	-79,959643	5,72	73,155	100	3,72	
-3,466254	-79,959648	6,53	67,71	200	3,99	
-3,467208	-79,959623	11,83	71,505	300	5,29	
-3,468157	-79,959622	13,14	71,265	400	3,99	
-3,469067	-79,959599	14,44	80,745	500	3,86	
-3,470006	-79,959604	14,45	78,375	600	3,21	
-3,470923	-79,959585	17,28	77,1	700	3,26	
-3,471901	-79,959554	18,84	68,22	800	3,4	
-3,472835	-79,95951	19,77	43,29	900	3,34	
-3,473782	-79,959465	22,27	73,98	1.000,00	4,91	<b>4,23</b>
-3,474819	-79,959442	23,03	77,34	1.100,00	3,89	
-3,475844	-79,959428	23,82	78,045	1.200,00	3,23	
-3,476789	-79,959409	24,77	82,425	1.300,00	3,59	
-3,477777	-79,95939	24,45	84,48	1.400,00	4,54	
-3,478714	-79,95937	24,35	77,64	1.500,00	4,16	
-3,479669	-79,959342	24,62	83,805	1.600,00	5,04	
-3,480642	-79,959459	28,13	85,665	1.700,00	4,83	
-3,481558	-79,959769	30,76	85,2	1.800,00	4,58	
-3,482496	-79,96009	31,16	84,96	1.900,00	4,16	

-3,483427	-79,960406	31,31	85,47	2.000,00	4,31	
-3,484401	-79,960742	32,32	91,425	2.100,00	4,35	<b>4,10</b>
-3,485284	-79,961045	32,25	94,65	2.200,00	4,37	
-3,48619	-79,96134	32,52	93,96	2.300,00	4,24	
-3,487069	-79,961635	32,2	91,395	2.400,00	4,73	
-3,487944	-79,961922	31,56	91,65	2.500,00	5	
-3,488826	-79,962205	32,29	92,445	2.600,00	3,51	
-3,489719	-79,962496	32,83	94,89	2.700,00	3,93	
-3,490685	-79,96281	32,29	75,885	2.800,00	3,28	
-3,491581	-79,963089	32,78	52,74	2.900,00	3,51	
-3,492501	-79,963402	32,75	71,475	3.000,00	4,03	
-3,493482	-79,96374	32,84	81,45	3.100,00	3,3	<b>3,58</b>
-3,494404	-79,964072	33,92	83,28	3.200,00	3,49	
-3,495375	-79,964413	34,24	75,9	3.300,00	3,57	
-3,49634	-79,964737	35,14	78,075	3.400,00	3,76	
-3,497238	-79,965058	36	80,355	3.500,00	3,61	
-3,498106	-79,965366	36,44	76,245	3.600,00	3,36	
-3,498983	-79,965661	36,99	80,025	3.700,00	3,44	
-3,499876	-79,965973	37,25	27,495	3.800,00	3,36	
-3,500804	-79,96631	41,33	73,65	3.900,00	4,77	
-3,501788	-79,966652	41,93	70,26	4.000,00	3,17	
-3,502603	-79,966939	42,71	61,08	4.100,00	3,7	<b>3,48</b>
-3,503551	-79,967255	41,72	81,675	4.200,00	3,95	
-3,504537	-79,967362	39,68	85,365	4.300,00	3,68	
-3,505567	-79,967417	38,7	85,53	4.400,00	3,32	
-3,506578	-79,967471	39,54	85,545	4.500,00	2,79	
-3,507616	-79,967525	40,24	87,48	4.600,00	3,49	
-3,508677	-79,967591	40,24	90,87	4.700,00	2,9	
-3,509605	-79,967644	39,93	93,105	4.800,00	3,3	
-3,510561	-79,967699	39,95	95,055	4.900,00	4,1	
-3,511502	-79,967756	40,54	87,66	5.000,00	3,55	
-3,5125	-79,96781	42,25	84,15	5.100,00	3,78	<b>3,18</b>
-3,513493	-79,967867	44,41	86,325	5.200,00	3,05	
-3,514479	-79,967929	45,42	81,33	5.300,00	2,5	
-3,515394	-79,967987	45,18	76,635	5.400,00	3,09	
-3,516325	-79,967975	45,67	78,48	5.500,00	3,57	
-3,517238	-79,967837	45,59	76,32	5.600,00	2,9	
-3,518236	-79,967662	46,07	75,255	5.700,00	2,71	
-3,519147	-79,967509	47,79	79,05	5.800,00	3,63	
-3,520048	-79,967272	48,8	81,63	5.900,00	3,07	
-3,520873	-79,966762	51,81	84,375	6.000,00	3,49	
-3,521688	-79,966223	53,41	84,96	6.100,00	3,28	<b>3,65</b>
-3,522491	-79,965721	54,62	78,705	6.200,00	3,65	

-3,523393	-79,965437	55,14	84,345	6.300,00	3,47	<b>4,07</b>
-3,524385	-79,965195	55,65	88,95	6.400,00	3,55	
-3,525431	-79,965107	56	91,125	6.500,00	4,14	
-3,526344	-79,965055	55,43	90,675	6.600,00	3,99	
-3,527385	-79,964937	57,06	87,015	6.700,00	3,23	
-3,528369	-79,964647	60,67	89,955	6.800,00	3,97	
-3,529244	-79,964363	61,4	90,75	6.900,00	4,26	
-3,530196	-79,964063	60,46	76,755	7.000,00	2,94	
-3,531148	-79,963763	60,55	78,3	7.100,00	3,36	
-3,532023	-79,963479	61,05	77,25	7.200,00	3,68	
-3,533007	-79,963189	61,55	80,25	7.300,00	4,12	
-3,533959	-79,962889	61,83	80,175	7.400,00	4,31	
-3,534834	-79,962605	62,1	80,7	7.500,00	4,31	
-3,535818	-79,962315	62,65	79,2	7.600,00	4,62	
<b>IRI(KM/M) PROMEDIO DE LA VIA</b>					<b>3,76</b>	

Fuente: IRI, El Autor

Figura 19. Gráfico que proporciona aplicación IRI, con extensión KML.



Fuente: Abakal Ingenieros Consultores, 20018-Google Earth

Tabla 14. Valores de IRI, en carril de regreso (izquierdo)

<b>Datos proporcionados por la aplicación IRI , en carril de REGRESO (Izquierdo).</b>						
<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Desplazamiento</b>	<b>Valor IRI</b>	<b>IRI PROMEDIO POR TRAMO DE 1 KM</b>

-3,529759	-79,964126	69,14	83,29	0	4,12	<b>3,70</b>
-3,528891	-79,964408	68,93	91,99	100	4,2	
-3,528004	-79,964703	68,57	89,07	200	3,57	
-3,527137	-79,964967	69,18	89,19	300	3,78	
-3,526175	-79,965092	69,22	84,94	400	3,03	
-3,525194	-79,965177	67,34	80,3	500	4,72	
-3,524216	-79,965283	65,55	94,31	600	3,67	
-3,52328	-79,965522	66,1	89,9	700	2,68	
-3,5224	-79,965816	65,53	90,67	800	3,55	
-3,521578	-79,966338	66,58	95,53	900	3,12	
-3,520741	-79,966898	66,82	91,97	1.000,00	4,22	<b>3,65</b>
-3,519829	-79,967439	68,73	85,45	1.100,00	3,41	
-3,518919	-79,967647	68,18	89,09	1.200,00	4,33	
-3,517983	-79,967805	68,46	84,46	1.300,00	4,72	
-3,517022	-79,967953	68,1	84,54	1.400,00	3,18	
-3,516036	-79,968092	67,74	84,97	1.500,00	3,6	
-3,515124	-79,968066	63,41	83,59	1.600,00	3,58	
-3,51418	-79,968012	59,1	85,48	1.700,00	3,51	
-3,513212	-79,967958	55,3	87,07	1.800,00	3,35	
-3,512247	-79,967906	52,07	85,91	1.900,00	3,1	
-3,511302	-79,967865	48,76	86,07	2.000,00	3,76	<b>3,05</b>
-3,510347	-79,967812	46,86	86,54	2.100,00	3,51	
-3,509435	-79,967764	44,72	85,74	2.200,00	2,89	
-3,508529	-79,967694	42,46	89,07	2.300,00	3,14	
-3,507491	-79,967632	40,76	84,26	2.400,00	2,31	
-3,506463	-79,967567	39,73	87,73	2.500,00	3,19	
-3,505544	-79,967509	39	89,04	2.600,00	3,32	
-3,504641	-79,967463	39,46	85,07	2.700,00	2,96	
-3,503603	-79,967333	38,9	84,84	2.800,00	2,93	
-3,502654	-79,966981	41,9	77,14	2.900,00	3,03	
-3,50176	-79,96662	44,01	55,78	3.000,00	3,18	<b>3,20</b>
-3,500866	-79,966286	45,95	70,35	3.100,00	3,35	
-3,499951	-79,965952	46,47	24,64	3.200,00	2,98	
-3,499066	-79,96563	48,42	69,59	3.300,00	3,41	
-3,498188	-79,965325	47,27	82,58	3.400,00	3,37	
-3,497232	-79,964996	46,55	86,65	3.500,00	2,89	
-3,496377	-79,964697	46,13	88,33	3.600,00	2,82	
-3,495497	-79,96439	44,8	88,67	3.700,00	3,71	
-3,494614	-79,964084	44,13	88,81	3.800,00	3,37	
-3,493729	-79,963785	44,13	89,6	3.900,00	2,94	
-3,492845	-79,963486	44,03	88,45	4.000,00	3,12	<b>3,34</b>
-3,491889	-79,963183	43,28	74,73	4.100,00	2,77	
-3,490962	-79,962865	41,03	46,21	4.200,00	3,05	



-3,490048	-79,962573	40,06	81,01	4.300,00	3,64	
-3,489083	-79,962262	38,39	88,74	4.400,00	3,3	
-3,488175	-79,961972	37,33	95,5	4.500,00	3,32	
-3,487218	-79,961659	37,3	97,66	4.600,00	3,65	
-3,48626	-79,961355	36,85	94,66	4.700,00	2,66	
-3,485339	-79,961054	36,45	92,02	4.800,00	3,42	
-3,484424	-79,960739	35,59	92,16	4.900,00	4,31	
-3,483504	-79,960416	34,29	91,77	5.000,00	3,3	
-3,482594	-79,960101	33,98	91,92	5.100,00	3,64	
-3,4817	-79,959793	32,04	91,06	5.200,00	3,89	
-3,480818	-79,959486	31,9	90,29	5.300,00	3,96	
-3,479818	-79,959262	32,55	79,26	5.400,00	2,77	
-3,478869	-79,959262	31,03	79,78	5.500,00	3,26	
-3,477837	-79,959293	29,86	88,74	5.600,00	4,22	
-3,476895	-79,95932	27,9	89,09	5.700,00	3,32	
-3,475875	-79,959347	25,8	82,43	5.800,00	2,79	
-3,474883	-79,959366	25,38	78,79	5.900,00	3,78	
-3,473887	-79,959383	24,97	69,05	6.000,00	5,04	
-3,472895	-79,959389	24,31	13,78	6.100,00	2,94	
-3,47207	-79,959446	27,86	60,45	6.200,00	0,66	
-3,471055	-79,959482	27,12	81	6.300,00	4,35	
-3,470041	-79,959506	26,13	85,43	6.400,00	5,06	
-3,46902	-79,959509	25,65	85,1	6.500,00	4,58	
-3,467956	-79,959521	24,96	86,9	6.600,00	3,99	
-3,466914	-79,959522	24,98	83,84	6.700,00	3,96	
-3,465907	-79,959517	25,19	79,69	6.800,00	4,51	
-3,464927	-79,959509	25,02	80,77	6.900,00	4,51	
-3,463974	-79,959507	25,14	73,63	7.000,00	4,75	
-3,463021	-79,959505	25,2	74,39	7.100,00	4,79	
-3,462041	-79,959497	24,9	76,34	7.200,00	4,88	
-3,461034	-79,959492	24,6	80,97	7.300,00	4,84	
-3,460081	-79,95949	24,4	86,9	7.400,00	4,97	
-3,459101	-79,959482	24,1	87,22	7.500,00	5,06	
-3,458094	-79,959477	23,85	80,62	7.600,00	3,81	
<b>IRI(KM/M) PROMEDIO DE LA VIA</b>					<b>3,60</b>	<b>BUENO</b>

Fuente: El Autor

### 3.9.5 Relación entre la Regularidad (IRI) y la serviciabilidad (PSI)

De acuerdo a (Rahman, Uddin, y Gassman 2017), indica que el PSI constituye la calidad de con conducción del pavimento y es calculado a partir del IRI medio. El IRI es un valor adimensional. Es recomendable, sin embargo, para no manejar valores muy pequeños, el IRI

en unidades de m/km o mm/m. Puede variar de acuerdo al estado de la capa de rodadura y puede ser de 0 a 5, que representa perfecto y/o fallido respectivamente. Para su cálculo se usa las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{PSI} = \frac{5}{e^{\text{IRI}/5.5}} ; \mathbf{PSI} = 5.85 - 1.68(\text{IRI})^{0.5} ; \mathbf{PSI} = 4.182 - 0.455(\text{IRI}) ; \mathbf{PSI} = 5.0(e)^{-0.002841 \times \text{IRI}}$$

### 3.9.4 Relación entre la Regularidad (IRI) y la condición de pavimento (PCI).

Según (Sachún Quispe 2016), en su investigación indica que se puede relacionar estos dos índices mediante la aplicación de la siguiente formula:

$$\mathbf{PCI} = K_1 \text{ IRI}^{K_2}$$

En donde:

$$K_1=100$$

$$K_2= -0.436$$

$$\text{PCI carril derecho} = 100 (3.76)^{-0.436} = \mathbf{56.13}$$

$$\text{PCI carril izquierdo} = 100 (3.60)^{-0.436} = \mathbf{57.21}$$

## **CAPÍTULO 4: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

### **4.1 Resultados obtenidos.**

Inicialmente se presentan los resultados del PCI de cada una de las secciones que conforman los dos carriles y su interpretación en el estado de la vía en estudio. También, se presentan los valores de IRI obtenidos mediante la aplicación IRI y los valores del índice de serviciabilidad del pavimento (PSI), en función del IRI promedio. Finalmente se plantea la propuesta metodológica a seguir para la evaluación de superficie del pavimento flexible en vías rurales.

Este capítulo incluye 3 subcapítulos que corresponden a:

- ❖ Análisis del PCI
- ❖ IRI con la aplicación IRI.
- ❖ Análisis del PSI

### **4.2 Análisis del PCI.**

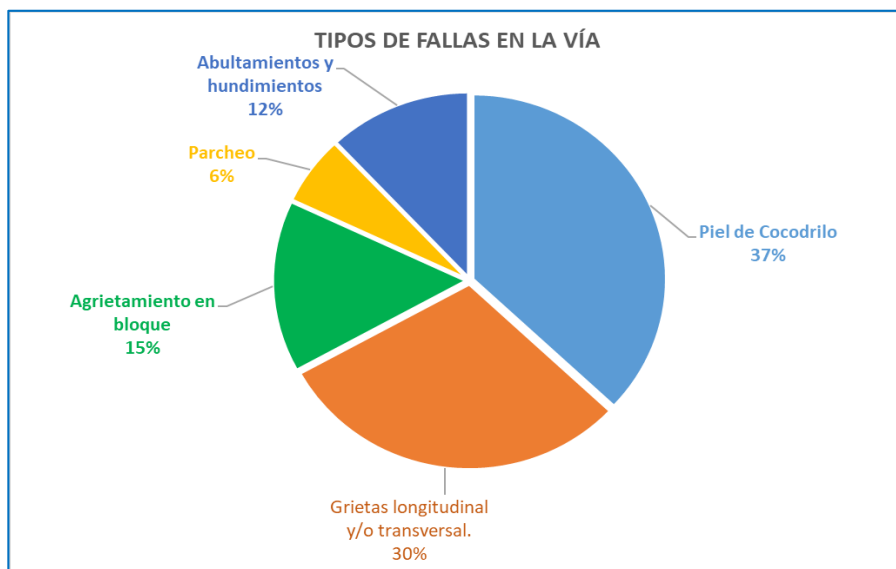
El resumen de los valores del PCI de las 15 secciones que conforman el área de estudio de la vía Santa Rosa- Bellavista –La Avanzada se muestra en la tabla n° 15. El cálculo del PCI de cada sección se adjunta en los ANEXOS. En base a la clasificación adoptada del PCI se tiene que 20% y 47% de la vía se encuentra en un estado muy bueno y bueno respectivamente, y tan solo el 20% y 13% se encuentra en estado regular y muy malo. Esto indica que un 67 % de la carretera tiene daños superficiales que generan molestias y afectan al confort de los viajeros que transitan por esta vía. El 33% de la vía que corresponde a la muestra n° 6,8,9 y 15, se encuentra en estado regular y muy malo; esto significa que los daños son superiores y por ende causa un ligero desagrado a la funcionalidad de la vía.

**Tabla 15.** Resumen de las fallas y PCI de las muestras seleccionadas de la vía en estudio.

TABLA DE RESUMEN DEL PCI DE LA VIA SANTA ROSA-BELLAVISTA -LA AVANZADA.							
TRAMO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	AREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	PRINCIPALES FALLAS EXISTENTES	PCI	CALIFICACION	SIMBOLOGIA
1	0+44,60	0+66,90	229,69	Piel de cocodrilo	58	BUENO	
2	0+557,50	0+579,80	229,69	Piel de cocodrilo	61	BUENO	
3	1+070,40	1+092,70	229,69	Piel de cocodrilo , Grietas longitudinal y/o transversal.	61	BUENO	
4	1+583,30	1+605,60	229,69	Piel de cocodrilo , Agrietamiento en bloque , Parcheo.	47	REGULAR	
5	2+096,20	2+118,50	229,69	Parcheo , Grietas longitudinal y/o transversal.	84	MUY BUENO	
6	2+609,20	2+631,40	229,69	Abultamientos y hundimientos , Piel de cocodrilo.	55	REGULAR	
7	3+122,00	3+144,30	229,69	Piel de cocodrilo , Grietas longitudinal y/o transversal.	77	MUY BUENO	
8	3+634,90	3+657,20	229,69	Piel de cocodrilo , Abultamientos y hundimientos , Grietas longitudinal y/o transversal.	25	MUY MALO	
9	4+147,80	4+170,10	229,69	Piel de cocodrilo , Abultamientos y hundimientos , Grietas longitudinal y/o transversal.	25	MUY MALO	
10	4+660,70	4+683,00	229,69	Piel de cocodrilo , Abultamientos y hundimientos , Grietas longitudinal y/o transversal.	69	BUENO	
11	5+173,60	5+195,90	229,69	Grietas longitudinal y/o transversal , Agrietamiento en bloque , Piel de cocodrilo.	60	BUENO	
12	5+686,50	5+708,80	229,69	Grietas longitudinal y/o transversal , Agrietamiento en bloque.	58	BUENO	
13	6+199,40	6+221,70	229,69	Agrietamiento en bloque.	81	MUY BUENO	
14	6+712,30	6+734,60	229,69	Grietas longitudinal y/o transversal , Agrietamiento en bloque , Piel de cocodrilo.	64	BUENO	
15	7+225,20	7+247,50	229,69	Piel de cocodrilo , Grietas longitudinal y/o transversal.	45	REGULAR	
<b>TOTAL</b>					<b>58</b>	<b>BUENO</b>	

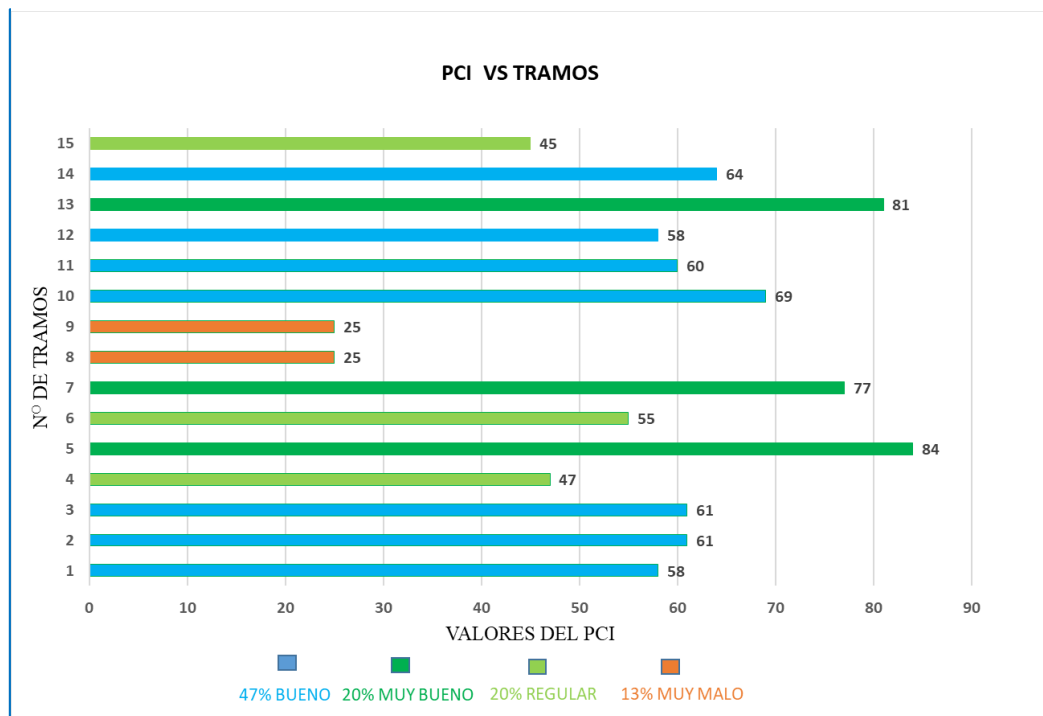
**Fuente:** El Autor

**Gráfico 1.** Tipos de fallas prevalecientes en la vía.



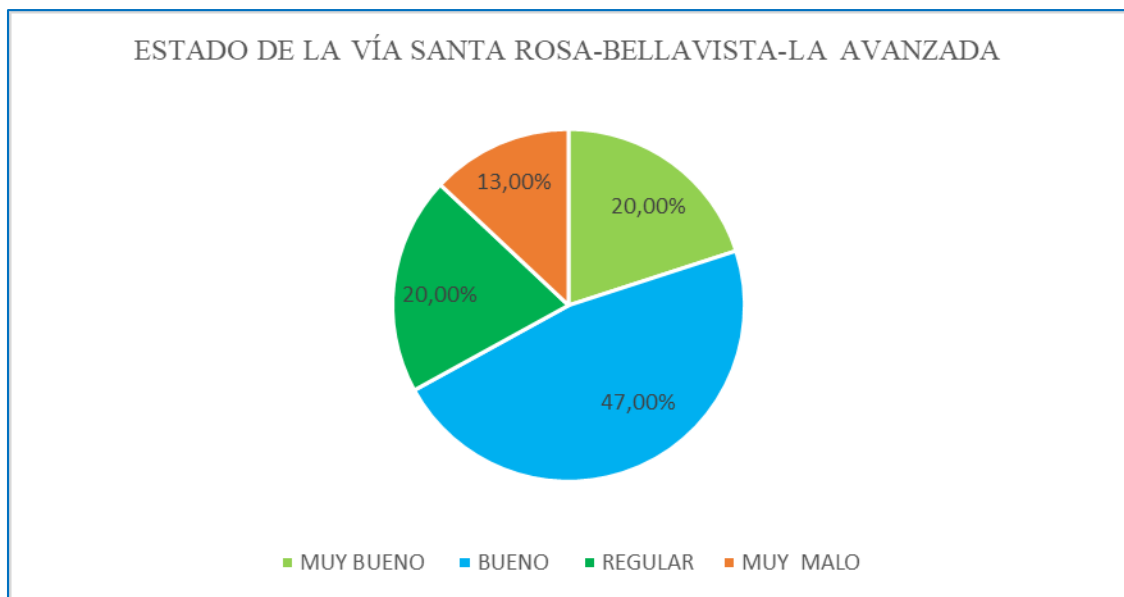
**Fuente:** El Autor

**Gráfico 2. Valores del PCI de las secciones.**



**Fuente:** El Autor

**Gráfico 3. Clasificación del estado funcional de la vía en estudio.**

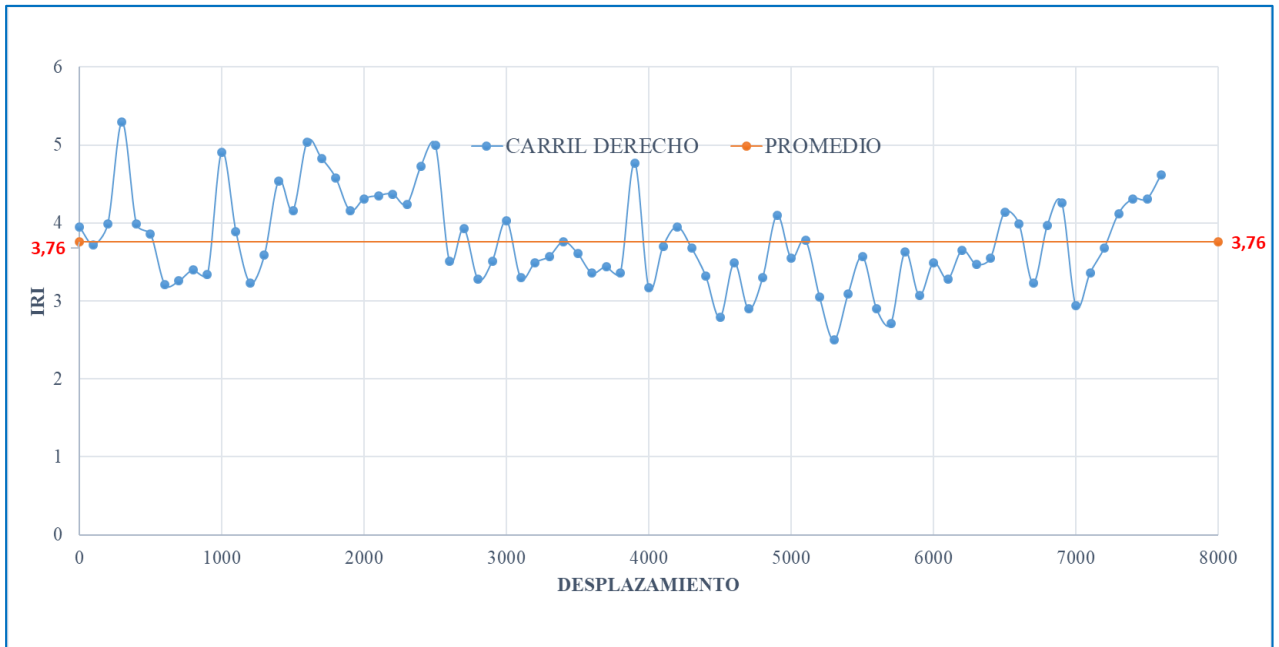


**Fuente:** El Autor

### 4.3 Análisis del IRI con aplicación IRI para Smartphone.

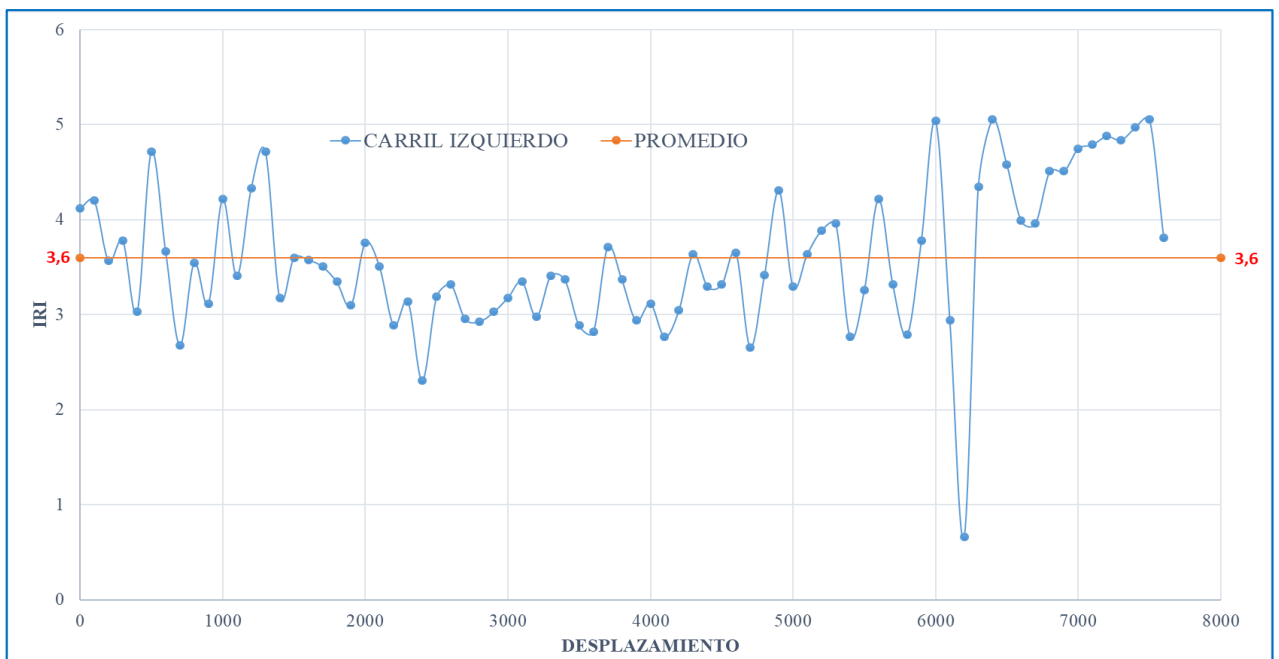
Los resultados del IRI se muestran en los siguientes gráficos de dispersión tanto para el carril derecho como para el carril izquierdo, los mismos que han sido graficados en función de la distancia.

**Gráfico 4.** Dispersión IRI vs Desplazamiento para el carril derecho en m/km.



**Fuente:** El Autor

**Gráfico 5.** Dispersión IRI vs Desplazamiento para el carril izquierdo en m/km.

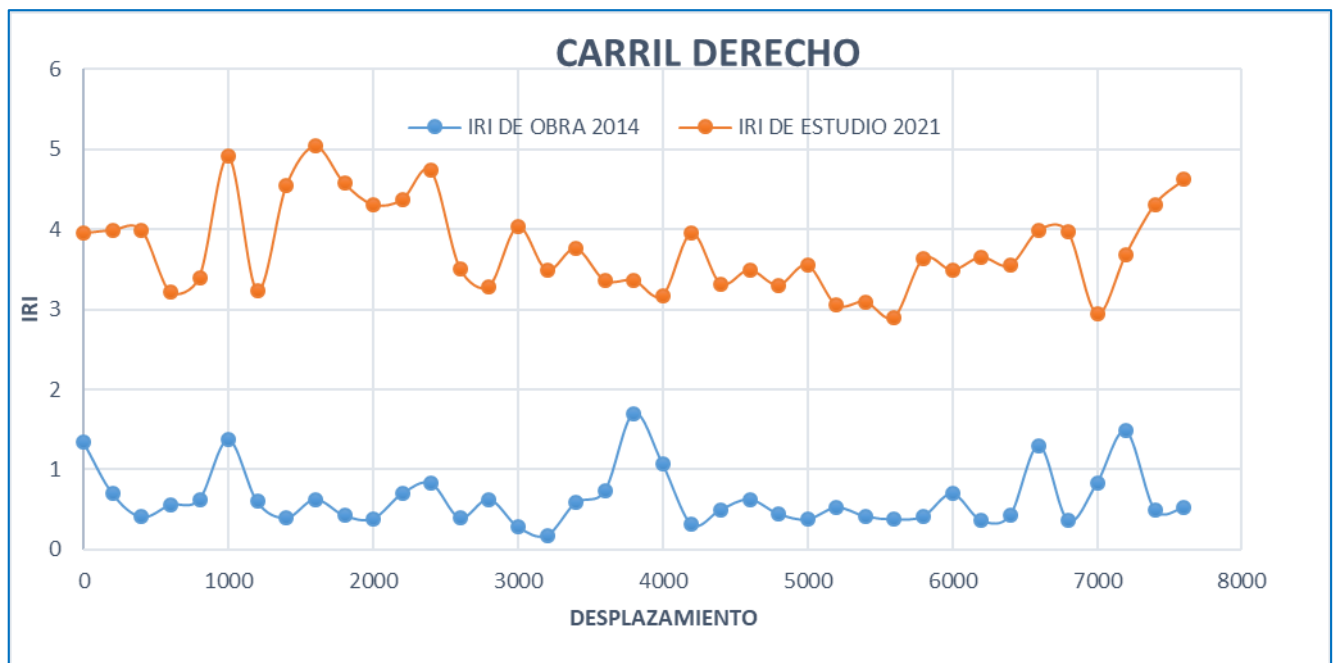


**Fuente:** El Autor

En las graficas 4 y 5, se muestran unos picos máximos que llegan alcanzar un IRI 5.5 m/km, lo que indica que dentro de esta área existen diferentes fallas en la capa de rodadura por la cual se la describe como estado malo, y en ciertas partes donde existen picos mínimos es por no mantener una velocidad constante al momento de la toma de datos. sin embargo, si se analiza el promedio para cada carril establecido en las tablas 9 y 10, se indica que la vía en estudio se encuentra en estado **Bueno**.

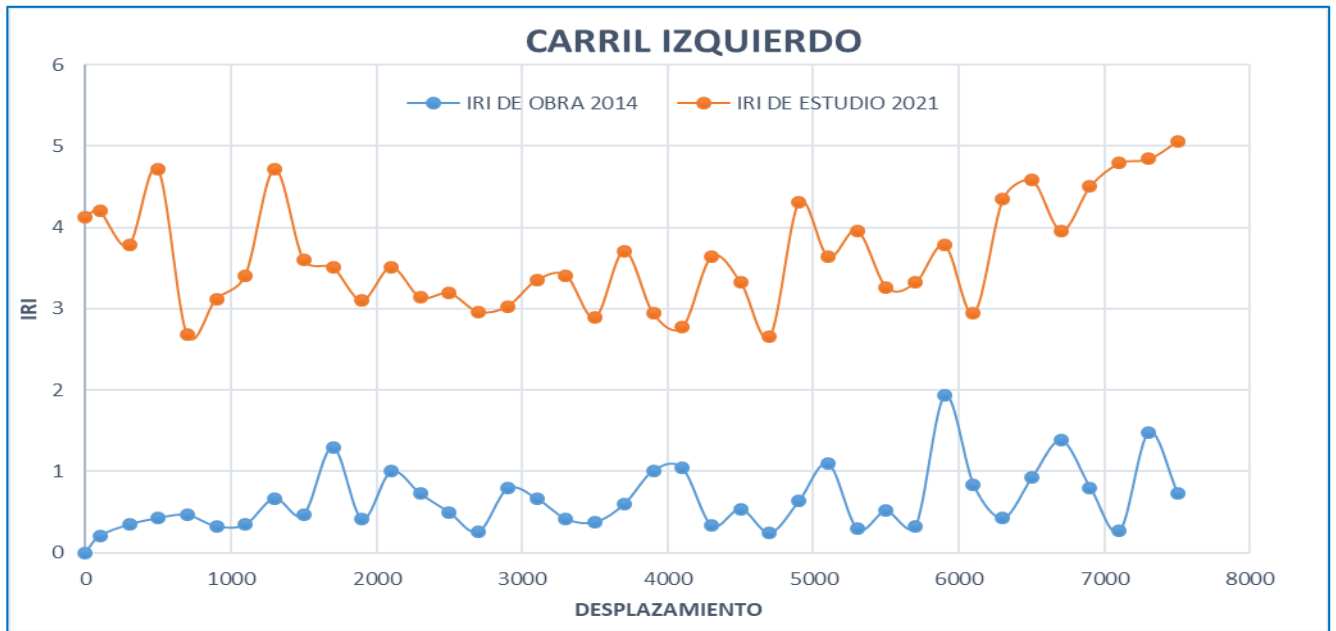
A continuación, se realizó una gráfica comparativa entre los valores del IRI al momento que fue recibida la obra en construcción (2014) por la empresa Patridasa y los valores calculados en la presente investigación.

**Gráfico 6.** Dispersión comparativa del IRI 2014-2021, en m/km. Carril derecho.



**Fuente:** El Autor.

**Gráfico 7.** Dispersión comparativa del IRI 2014-2021, en m/km. Carril Izquierdo.

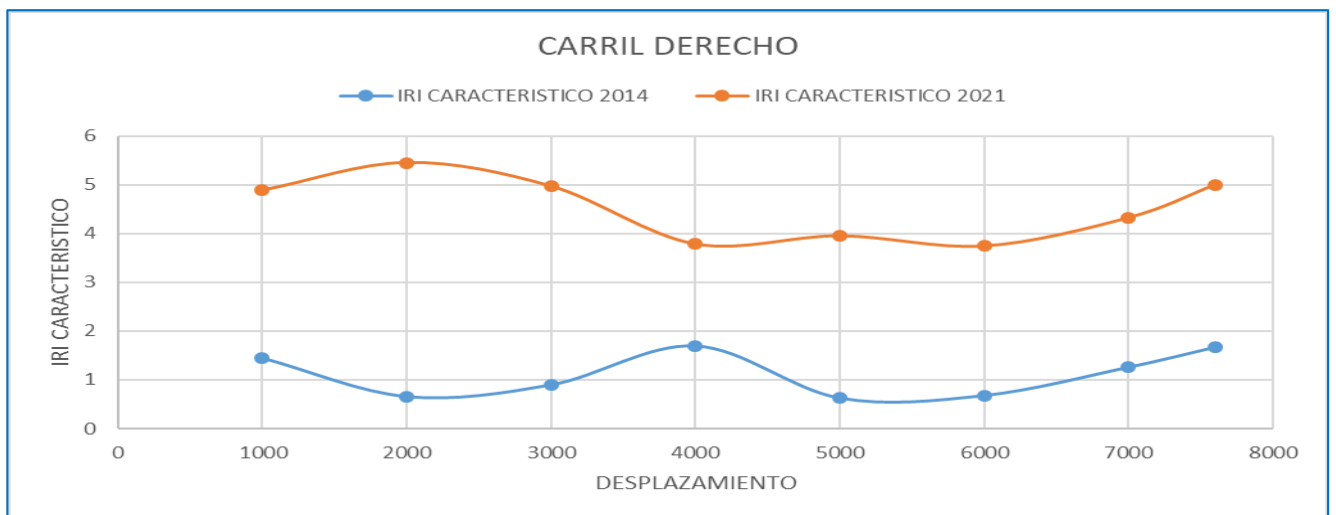


**Fuente:** El Autor

Al interpretar las gráficas 6 y 7 para ambos carriles, se considera que hay un incremento del IRI, generado durante los últimos 6 años, lo mismo que han ido aumentando de muy bueno a bueno y por ende va disminuyendo la Regularidad y calidad de la capa de rodadura.

De acuerdo a (Sachún Quispe 2016), nos indica que para pavimentos asfálticos o rehabilitados, la regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI característico. De acuerdo a este concepto se realiza una gráfica con los valores de los IRI característicos correspondientes a este estudio y a los propuestos en el año 2014 al momento de entrega de la obra.

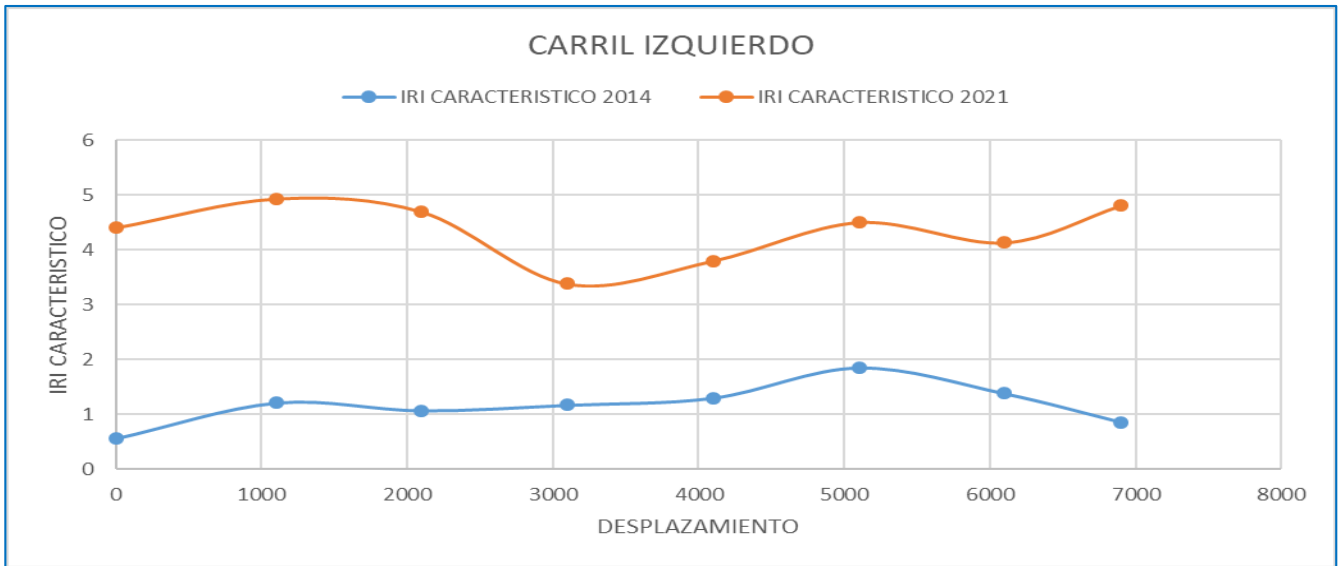
**Gráfico 8.** Dispersión comparativa del IRI característico 2014-2021, en m/km. Carril derecho.



**Fuente:** El Autor



**Gráfico 9. Dispersión comparativa del IRI característico 2014-2021, en m/km. Carril derecho.**



**Fuente:** El Autor

#### 4.4 Análisis del PSI.

En la tabla nº 16, se presenta los valores del PSI, que han sido calculados en función del IRI, se utilizó las fórmulas planteadas anteriormente. Se obtuvo un valor promedio de 3.16 para toda la vía, calificándola como una vía **Buena**.

**Tabla 16. Cálculo del PSI (Índice de Serviciabilidad Presente)**

CALCULO DEL PSI								
VIA	IRI	PSI(1)	PSI(2)	PSI(3)	PSI(4)	PSI Prom	PSI Prom. Total	CONDICIÓN
<b>Santa Rosa-Bellavista-La Avanzada</b>								
Carril Derecho	3,76	2,52	2,59	2,47	4,95			BUENA
iri promedio	3,76	2,52	2,59	2,47	4,95	<b>3,13</b>		
Carril Izquierdo	3,60	2,60	2,66	2,544	4,95			BUENA
iri promedio	3,60	2,60	2,66	2,544	4,95	<b>3,19</b>		
IRI Promedio T	<b>3,68</b>						<b>3,16</b>	BUENA

**Fuente:** El Autor

#### 4.5 Síntesis

Con lo descrito anteriormente, se finaliza indicando que la evaluación de la vía Santa Rosa-Bellavista-La Avanzada, mediante el PCI, corresponde a una vía que se encuentra en un 47 % en estado **Buena**, un 20 % en estado **Muy Buena**, el 20 % se encuentra es estado **Regular** y el **13%** en estado **Muy Malo**.

Con lo descrito anteriormente se plantea realizar en las áreas en donde la vía se encuentra en estado Bueno y Muy Bueno; se debe realizar un **Mantenimiento de Tipo Rutinario(MR)** que consiste en realizar un parchado superficial y sellado de grietas.

En las áreas regulares se plantea realizar un tipo de **Mantenimiento Periódico (MP)**, que consiste en ejecutar un sellado asfáltico, tratamiento superficial y/o fresado. Y para las secciones que se encuentran muy malo, se debe realizar una **Rehabilitación (R)** que puede ser de tipo recapeo y reciclado en frío o caliente. Además, dentro de este tipo de mantenimiento se debe considerar realizar actividades de limpieza de las obras de drenaje, corte de vegetación, con el fin de evitar la destrucción gradual de la vía.

Promediando el tipo de condición para la vía es calificada como **Buena**. Los tipos de fallas que prevalecen son: piel de cocodrilo, grietas longitudinales y/o transversal, agrietamiento en bloque y abultamientos y hundimientos.

Mientras que la evaluación del confort con la aplicación IRI, dio como resultado un valor de 3.76 m/km para el carril derecho y 3.60 m/km para el carril izquierdo, calificando como **Buena**.

Con los valores promedio de los IRI de cada carril se procedió a relacionarlos y calcular los valores del PSI, dándonos como resultado un valor promedio de 3.16 (el valor del PSI 4 fue calculado en la fórmula antes anunciada), la cual indica que su serviciabilidad fue calificado como **Buena**.

De acuerdo a la gráfica nº 7 y 8, analizando estas gráficas comparativas, se comprueba la pérdida de su regularidad, por ende, la serviciabilidad y su condición que inicialmente fue entregada la obra como Excelente y hoy en día se encuentra en estado Bueno.

## **CONCLUSIONES:**

- ★ Se caracterizó las fallas existentes en el pavimento flexible de la vía Santa Rosa-Bellavista –La Avanzada, como estudio caso, y mediante la observación directa y muestreo de campo se califica a la vía como **buena**, de acuerdo a las normas ASTM D6433 en la que indica que los valores entre 56 y 70, son vías buenas. Y para este caso el valor del PCI da como resultado 58.
- ★ Las fallas más representativas a lo largo de toda la vía de acuerdo al índice PCI son: piel de cocodrilo con un 37%, grietas longitudinales y transversales con un 30%, el

agrietamiento en bloque con el 15%, los abultamientos y hundimientos con el 12% y el parcheo con el 6%.

- ★ El estado total de la vía en estudio se encuentra con el 20% muy bueno, 47% bueno, 20% regular y el 13% está muy malo.
- ★ Para la evaluación del IRI, se utilizó la aplicación IRI para Smartphone, la cual se tomó datos de los 7.643km, dándonos como resultado promedio de 3.76 m/km para el carril derecho y 3.6 m/km para el carril izquierdo y al promediar estos datos tenemos el valor del IRI de **3.68 m/km**, y a la calificar nos da como una vía en estado **Bueno**, ya que los rangos esta entre 3.2 y 3.9 de acuerdo a la norma ASTM E-1926-98.
- ★ Se realizó un cuadro comparativo entre los IRI inicial al momento de la entrega de la obra (2014) y el presente estudio, dándonos como resultado que ha surgido la pérdida de rugosidad y serviciabilidad ya que los valores se han incrementado desde 0.65 hasta 3.68 m/km.
- ★ Con los valores de los IRI promedio se calcula los valores del PSI, para lo cual se utilizaron 4 fórmulas que están relacionadas entre el IRI y el PSI, Los mismos que dan como resultado de 3.16 y cumplen con una serviciabilidad buena, ya que las fronteras para su calificación esta entre 3 y 4.
- ★ Se elaboró una metodología para la evaluación de vías rurales de pavimentos flexibles, considerando los índices de PCI, IRI y PSI la misma que se encuentra en el capítulo 3, y siguiendo los pasos de acuerdo a esta metodología, analizando e interpretando su cualidad nos da como resultado una vía que tiene las siguientes condiciones: **Muy Buena, Buena Regular y Muy Mala**.
- ★ Se concluye que se debe realizar un **Mantenimiento Tipo Rutinario (MR)** para las áreas que se encuentran en condición **Buena y Muy Buena**, para las secciones que se encuentran en estado **Regular** se plantea ejecutar un **Mantenimiento Periódico**; mientras que para las superficies que se están **Muy Malas** se debe realizar una **Rehabilitación**.
- ★ El costo de Mantenimiento **Tipo Rutinario (MR)** para esta vía promediada con un estado **Bueno**, tiene un valor \$12.156,02588 por km.

## **RECOMENDACIONES:**

- ★ Es necesario aplicar la metodología de evaluación de las vías rurales de pavimento flexible, mediante los índices del PCI, IRI y PSI, para la toma de decisiones oportunas, que permita evitar daños y costos elevados en su mantenimiento, la cual mejorará el confort en los viajes para los usuarios de las vías.
- ★ Antes de iniciar a tomar los datos con la aplicación IRI para Smartphone, es necesario calibrar la aplicación mediante estudios de IRI realizados y conocidos, hasta q se ajuste al valor que inicia en la toma de valores. Además, se debe considerar que la velocidad promedio para el registro de valores es de 80 km/h y se tratara de realizar en las horas de menor tránsito.
- ★ Adaptar la presente metodología de evaluación de vías rurales, considerando la identificación de fallas (PCI), la regularidad superficial (IRI) y la serviciabilidad (PSI) a tecnologías nuevas y con equipos que se pueda ajustar a nuestro medio y permitan evaluar en menor tiempo.
- ★ Implementar planes de conservación y mantenimiento ya sea periódico o rutinario, con el fin de salvaguardar los recursos de las instituciones públicas.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Aleadelat, Waleed, y Khaled Ksaibati. 2017. «Estimation of Pavement Serviceability Index Through Android-Based Smartphone Application for Local Roads». *Transportation research record* 2639 (1): 129-35.
- Arias, Fidas G. 2012. *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición*. Fidas G. Arias Odón.
- Carpio Carrera, Fernando Patricio. 2017. «Sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay». <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1135374>.
- Cobos Maldonado, Tanner Galindo. 2015. «Rehabilitación de la capa de rodadura de las calles Arizaga entre calle 9 de Mayo y Guayas de la ciudad de Machala Provincia de El Oro», noviembre. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/5089>.
- Coy Pineda, Oscar Mauricio. 2017. «Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos Vizir y Pci». Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16508>.
- Dávila Vidarte, Domingo Jorge Luis, Nelson Enrique Huangal Castañeda, y Wesley Amado Salazar Bravo. 2019. «Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía canal de la avenida Chiclayo distrito José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo periodo 2016». <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5855/BC-TES-TMP-240%20DAVILA%20VIDARTE-HUANGAL%20CASTA%20C3%91EDA-SALAZAR%20BRAVO.pdf?sequence=1>.
- Franco, Mineira Finol de, y José Luis Vera Solórzano. 2020. «Paradigmas, enfoques y métodos de investigación: análisis teórico». *MUNDO RECURSIVO* 3 (1): 1-24.
- Freire Ochoa, Jhon Enrique. 2020. «Determinación del índice de condición del pavimento en la Av. Circunvalación sur entre primera este y Nueve de Mayo». <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15429>.
- Garcés, Diana. 2017. «Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues-Cojitambo-Deleg-La Raya». *Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca*.
- González-Fernández, H., y P. Ruiz-Caballero. 2019. «Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI)». *Ciencia en su PC*. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1813/181358738015/181358738015.pdf>.
- Gonzalo López, Judith Yovana, y Héctor Jesús Beingolea Villarreal. 2021. «Aplicación del Smartphone y el rugosímetro de Merlín para la medición de la rugosidad del pavimento flexible en la av. Internacional, Tacna - 2021». Universidad Privada de Tacna. <http://161.132.207.135/handle/20.500.12969/1801>.
- Grisales, James Cárdenas. 2015. *Diseño geométrico de carreteras*. Ecoe Ediciones.
- Hasibuan, Rijal Psalmen, y Medis Sejahtera Surbakti. 2019. «Study of Pavement Condition Index (PCI) Relationship with International Roughness Index (IRI) on Flexible Pavement». *MATEC Web of Conferences* 258: 03019.
- Hernández-Sampieri, Roberto, y Christian Paulina Mendoza Torres. 2018. *Metodología de la investigación*. Vol. 4. McGraw-Hill Interamericana México\^ eD. F DF.
- Herrería, Sofia. s. f. «Manual de evaluación de pavimentos». Accedido 15 de julio de 2021. [https://www.academia.edu/37177464/Manual\\_de\\_evaluacion\\_de\\_pavimentos](https://www.academia.edu/37177464/Manual_de_evaluacion_de_pavimentos).
- Humpiri PinedaA, Katia. 2015. «Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de Vías en la Región de Puno». Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/426>.
- Hurtado Arias, William Marcelo. 2016. «Evaluación funcional y estructural para determinar

- el deterioro de la estructura del pavimento en la avenida Abdón Calderón, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia de Pichincha». Quito/UIDE/2016.  
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1263>.
- Jalca, Miguel Alfredo Fienco, Berny Silverio Bravo Mera, Victor Eduardo Guachisaca Contento, Edgar Arnoldo Jaramillo Pintado, y Viviana Elizabeth Fienco Jalca. 2017. *ELEMENTOS ORIGINALES EN EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*. 3Ciencias.
- Jiménez, J. Vargas, M. Moncayo Theurer, J. Córdova Rizo, C. Maza, I. Barzola Zambrano, G. Velasco Cevallos, I. Salcedo, J. Guzhñay, y S. Lucio. 2017. «La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles». *Ingeniería* 21 (1).  
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46752305006.pdf>.
- Karim, Dr Fareed, Dr Khaled Abdul Haleem Rubasi, y Dr Ali Abdo Saleh. 2016. «The road pavement condition index (PCI) evaluation and maintenance: a case study of Yemen». *Organization, technology & management in construction: an international journal* 8 (1): 1446-55.
- Khavandi Khiavi, Alireza, Mohammad Naghiloo, y Ramin Rasouli. 2019. «Considering a New Sample Unit Definition for Pavement Condition Index». *Civil Engineering Infrastructures Journal* 52 (1): 101-14.
- Leguía Loarte, Paola Beatriz, y Hans Fernando Pacheco Risco. 2016. «Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)». <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/2311>.
- Li, Xiao, y Daniel W. Goldberg. 2018. «Toward a mobile crowdsensing system for road surface assessment». *Computers, environment and urban systems* 69 (mayo): 51-62.
- Martínez, Lilibet Váldez, y Anadelys Alonso Aenille. 2017. «Cátalogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba». *Revista de Arquitectura e Ingeniería* 11 (2): 1-11.
- Martínez-Echevarría Romero, M. José, Nancy Mariela Tafur Garro, y Germán Gallardo Zevallos. 2016. «Implementation of the mechanistic-empirical pavement design in northern Peru using a calibration coefficient for the International Roughness Index». *Construction and Building Materials* 102 (enero): 270-80.
- Mendieta, Andrés Eduardo Chávez. 2019. «Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento». UNIVERSIDAD DE CUENCA.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/288581800.pdf>.
- Meza, María Isabel Zambrano, y Eduardo Tejeda Piusseaut. 2019. «Materiales granulares tratados con emulsión asfáltica para su empleo en bases o subbases de pavimentos flexibles». *Revista Arquitectura e Ingeniería* 13 (3): 3.
- Moqtader, Abdul, y Waseem Bhat. 2017. «Flexible Pavement Distress Evaluation and Maintenance Alternative in Kabul Afghanistan (A Case Study on Distress Evaluation of Kabul Jalalabad Road NH-1)». Lovely Professional University.  
[http://dspace.lpu.in:8080/jspui/bitstream/123456789/3452/1/11509594\\_4\\_25\\_2017%209\\_48\\_39%20AM\\_complete%20report.pdf](http://dspace.lpu.in:8080/jspui/bitstream/123456789/3452/1/11509594_4_25_2017%209_48_39%20AM_complete%20report.pdf).
- Morales, M. C. S., y Mstem Rojo. s. f. «[No title]». Accedido 27 de junio de 2021.  
[https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Sanchez216/publication/325092069\\_DET-ERMINACION-DEL-IRI-EN-PAVIMENTOS-A-PARTIR-DE-PROCEDIMIENTOS-FOTOGRAFOMETRICOS/links/5af5c26d0f7e9b026bcecfba/DETERMINACION-DEL-IRI-EN-PAVIMENTOS-A-PARTIR-DE-PROCEDIMIENTOS-FOTOGRAFOMETRICOS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Sanchez216/publication/325092069_DET-ERMINACION-DEL-IRI-EN-PAVIMENTOS-A-PARTIR-DE-PROCEDIMIENTOS-FOTOGRAFOMETRICOS/links/5af5c26d0f7e9b026bcecfba/DETERMINACION-DEL-IRI-EN-PAVIMENTOS-A-PARTIR-DE-PROCEDIMIENTOS-FOTOGRAFOMETRICOS.pdf).
- Moscoso, Javier Núñez. 2017. «Los métodos mixtos en la investigación en educación: hacia un uso reflexivo». *Cadernos De Pesquisas* 47: 632-49.

- Paucar Curo, Elvis Franklin. 2019. «Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno». <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12319>.
- Pinilla Caro, Yeny Alejandra, Mille Karina Roncancio Cruz, y Others. s. f. «Identificación de aplicaciones móviles para el aprendizaje autónomo de la topografía». *repository.udistrital.edu.co*. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/26310>.
- Posada González, Nubia Leonor. 2017. «Algunas nociones y aplicaciones de la investigación documental denominada estado del arte». *Investigación Bibliotecológica Archivonomía Bibliotecología e Información* 31 (73): 237.
- Puga, Cecilia. 2018. «Evaluación funcional de pavimento rígido tramo avenida Loja (Cuenca)». *Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad De Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil*.
- Qiqi, Chen, Wang Guanhu, Long Xiaoyong, y Lei Jichao. 2020. «Establishment of Criteria for Determining Preventive Maintenance Requirements of Cement Pavement». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 792 (1): 012006.
- Rahman, Md Mostaqur, M. Majbah Uddin, y Sarah L. Gassman. 2017. «Pavement performance evaluation models for South Carolina». *KSCE Journal of Civil Engineering* 21 (7): 2695-2706.
- Rashid, Izulufqar Bin, y Rakesh Gupta. 2017. «Review Paper On Defects in Flexible Pavement and its Maintenance». *International Journal of Advanced Research in Education & Technology (IJARET) Vol 4*. [https://www.researchgate.net/profile/Er-Zulufqar-Bin-Rashid/publication/329642111\\_Review\\_Paper\\_On\\_Defects\\_in\\_Flexible\\_Pavement\\_and\\_its\\_Maintenance/links/5c2c6477458515a4c706826f/Review-Paper-On-Defects-in-Flexible-Pavement-and-its-Maintenance.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Er-Zulufqar-Bin-Rashid/publication/329642111_Review_Paper_On_Defects_in_Flexible_Pavement_and_its_Maintenance/links/5c2c6477458515a4c706826f/Review-Paper-On-Defects-in-Flexible-Pavement-and-its-Maintenance.pdf).
- Ríos Cotazo, N. X., y B. Bacca Cortés. 2020. «Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles». *Ciencia e Ingeniería*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81702020000200109](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702020000200109).
- Rivas Díaz Granados, Mariam, y Others. s. f. «Evaluación de la textura y la rugosidad de pavimentos flexibles mediante imágenes tomadas a partir de cámara no métrica Nikon Coolpix S2900». *repository.udistrital.edu.co*. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/8027>.
- Roció Salas Salazar, Miriam del, Hernán Vladimir Pazmiño Chiluiza, y Juan Enrique Ureña Moreno. 2020. «Análisis vial de la infraestructura logística en la Ciudad de Riobamba». *ConcienciaDigital* 3 (3): 293-312.
- Rodríguez Flores, Liliana Edith. 2019. «Análisis del estado de conservación de la vía de pavimento asfáltico en la avenida virú, provincia Virú, región La Libertad, 2018». [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRI\\_39e476e348fe865566b7c9f50ce849e8](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRI_39e476e348fe865566b7c9f50ce849e8).
- Saadulla, Hardi, Ilham Ibrahim Mohammed, y Ashiru Sani. 2019. «Using Pavement Condition Index to Evaluate the Condition of Flexible and Rigid Pavements». *Eurasian Journal of Science and Engineering* 4 (4): 110-21.
- Sac Alarcón, Juan Felipe, y Luis Eduardo Sac Alarcón. 2020. «Evaluación del estado de conservación del pavimento flexible por el método del PCI en Avenida prolongación unión, Distrito de Trujillo, 2020». <http://181.176.219.234/handle/UPRIT/281>.
- Sachún Quispe, Jaime Emilio Napoleón. 2016. «Estudio del índice de rugosidad internacional de la Panamericana Norte-zona Trujillo, Para su mantenimiento». <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2548>.

- Salamanca Niño, María Angélica, Santiago Arturo Zuluaga Bautista, y Others. 2014. «Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye-Santa Lucía Barranca Lebrija entre los abscisas K19+ 250 A K25+ 750 ubicada en el departamento del Cesar». <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2569>.
- Solis, Byron S. Baque. 2020. «Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí». *Dominio de las Ciencias* 6 (2): 203-28.
- Suryoto, Dendy Paramaatha Siswoyo, y Ary Setyawan. 2017. «The Evaluation of Functional Performance of National Roadway using Three Types of Pavement Assessments Methods». *Procedia Engineering* 171 (enero): 1435-42.
- Tineo, Dr. s. f. «Airport Pavement Preservation Planning applying Numerical Model to forecast Pavement Condition». *laccei.org*. [http://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full\\_papers/FP87.pdf](http://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP87.pdf).
- Tordesillas, José María Coronado, y Maddi Garmendia Antín. 2008. «Carreteras--planeamiento. Algunas claves de la evolución histórica de una relación imperfecta». *Ciudades*, n.º 11: 33-51.
- Vásquez, W. A. 2020. «Metodología de la Investigación: Manual del estudiante». USMP.
- Yáñez-Cepeda, Cynthia Fernanda, Diego Alexander Haro-Avalos, y Luis Javier Aguirre-Mateus. 2021. «Análisis de la seguridad vial de los peatones en la ciudad de Babahoyo, Ecuador, 2020». *Dominio de las Ciencias* 7 (1): 412-31.
- Zambrano Zambrano, Wilmer. 2015. *Diseño estructural de pavimentos*. Machala.
- Zhao, Boyu, Tomonori Nagayama, N. Makihata, M. Toyoda, M. Takahashi, y M. Ieiri. 2016. «IRI Estimation by the Frequency Domain Analysis of Vehicle Dynamic Responses and Its Large-scale Application». En *Adjunct Proceedings of the 13th International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing Networking and Services*, 41-46. MOBIQUITOUS 2016. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.



**ANEXOS:**

**Anexo 1. Matriz del marco lógico de la investigación**

<b>Criterios</b>			
<b>Intereses Teóricos - Científicos</b>	<b>Relevancia Del Objeto</b>	<b>Intereses Institucionales Y/O Del Investigador</b>	<b>Operativos</b>
<p>¿Limitación Teórica Sobre Estudios De Regularidad Superficial De Pavimentos Flexibles Y La Evaluación De Vías Rurales?</p> <p>Poco Saber Disponible Sobre Estudios De Regularidad Superficial De Pavimentos Flexibles En Las Vias Rurales Del Canton Santa Rosa</p> <p>Permite Explicar Otros Aspectos De La Realidad Local, Regional Y Nacional A Los Que Se Encuentra Vinculado El Problema.</p>	<p>La Regularidad Superficial De Pavimentos Flexibles Tiene Relevancia Social Y Científica; Vigencia, Actualidad Y Significativo Impacto En La Realidad Socioeconómica Para Los Agricultores Que Transitan Por Las Vias Rurales, Y Que Contribuyen Con El Desarrollo Cantonal, Provincial Y Nacional (Evitando Los Impactos Ecologicos Negativos)</p> <p>Los Resultados Del Estudio Seran De Utilidad Practica</p>	<p>Se Encuadra En La Mision, Objetivos Y Planes Operativos Institucionales De La Utmach</p> <p>Se Inscribire En Las Líneas Prioritarias De Investigación De La Maestría En Ingeniería Civil, Mencion Vialidad</p> <p>Responde A La Motivacion Vocacional Del Investigador Y Su Aspiracion Profesional Futura</p> <p>Responde A Las Demandas Y Exigencias Reglamentarias De La Utmach</p>	<p>Yo Ing. Cristobal L. Tene Narvaez Aportare Con Recursos Económicos, Logísticos Y Técnicos</p> <p>El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial De El Oro, Y El Mtop De El Oro, Facilitara El Acceso A La Información Pertinente Para Su Análisis.</p> <p>La Fic – Utmach – Cepos, Aportara Con Asesores, Técnicos De Apoyo Y Laboratorios</p>

## **Anexo 2. Medición de las cotas para obtener el IRI**



## **Anexo 3. Delimitación de las Unidades de muestreo IRI**



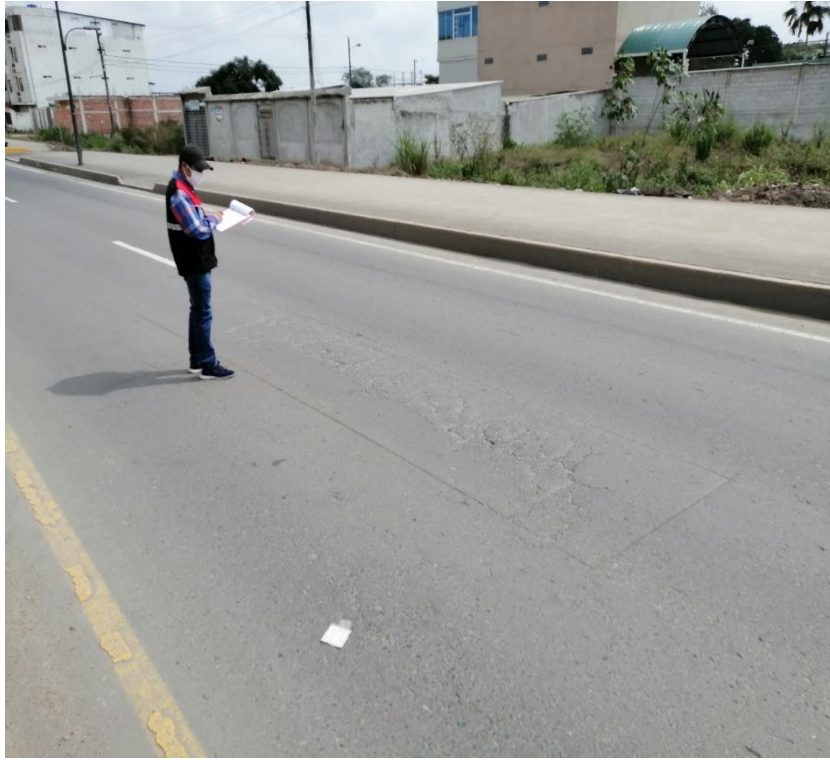
#### **Anexo 4. Identificación de daños PCI**





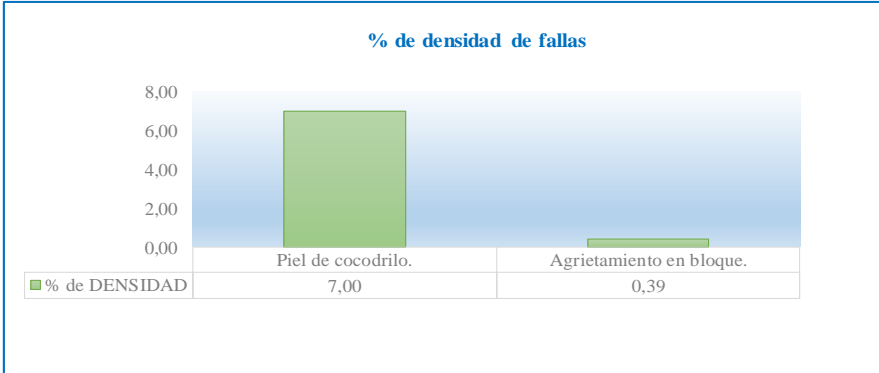
#### **Anexo 5. Identificación de fallas PCI**





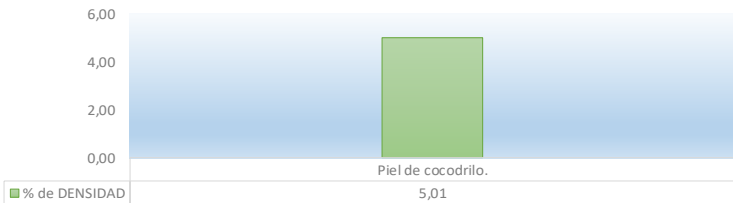
## Anexo 6. Inspección del tipo de fallas método PCI



**Anexo 7. Resultados del PCI desde Abscisa 0+44.60 hasta Abscisa 0 +66.90 Tramo 1**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> CENTRO DE POSGRADOS MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL							
EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)									
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez						
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.						
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+44,60	<b>Abscisa final:</b>	0+66,90				
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	1				
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>			<b>Unidad</b>			
1	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	11	Parqueo.	m <sup>2</sup>				
2	Exudación.	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>				
3	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	13	Huecos.	Nº				
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>				
5	Corrugación.	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>				
6	Depresión.	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>				
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>				
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>				
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>				
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
Falla	Unidad	Severidad	Largo m	Ancho m	Prof. m	Total			
Piel de cocodrilo.	m2	M	2,10	1,60		3,36			
Piel de cocodrilo.	m2	M	1,2	0,5		0,60			
Piel de cocodrilo.	m2	M	10,1	1,2		12,12			
Agrietamiento en bloque.	m2	M	1	0,9		0,90			
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
Falla	Unidad	Severidad	Total	Densidad (d%)	VD	VDT	q		
Piel de cocodrilo.	m2	M	16,08	7,00	42	42	1		
Agrietamiento en bloque.	m2	M	0,90	0,39	0				
					m			6	
CALCULO DEL PCI									
VALORES DEDUCIDOS							TDV	q	CDV
42							42	1	42
							CDV <sub>MAX</sub>		42
							PCI		58
<b>CLASIFICACION</b>								<b>BUENO</b>	
% DE DENSIDAD DE FALLAS									
									

## Anexo 8. Resultados del PCI Abscisa 0+ 557.50 hasta 0+579.80 Tramo 2

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA</b> <b>CENTRO DE POSGRADOS</b> <b>MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL</b>								
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>										
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez							
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.							
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	0+557,50	<b>Abscisa final:</b>	0+579,80					
		<b>Area de tramo (m<sup>2</sup>) :</b>	229,69	<b>N° de Tramo</b>	2					
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>			<b>Unidad</b>				
<b>1</b>	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	<b>11</b>	Parqueo.	m <sup>2</sup>					
<b>2</b>	Exudación.	m <sup>2</sup>	<b>12</b>	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>					
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	<b>13</b>	Huecos.	N°					
<b>4</b>	Abultamientos y hundimientos.	m	<b>14</b>	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>					
<b>5</b>	Corrugación.	m <sup>2</sup>	<b>15</b>	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>					
<b>6</b>	Depresión.	m <sup>2</sup>	<b>16</b>	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>					
<b>7</b>	Grieta de borde.	m	<b>17</b>	Grieta parabólica (slippage).	m <sup>2</sup>					
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta.	m	<b>18</b>	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>					
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón.	m	<b>19</b>	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>					
<b>10</b>	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m								
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>										
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>			
Piel de cocodrilo.		m <sup>2</sup>	M	5,00	2,30		11,50			
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>										
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>		
Piel de cocodrilo.		m <sup>2</sup>	M	11,50	5,01	39	<b>39</b>	<b>1</b>		
							<b>m</b>	<b>7</b>		
<b>CALCULO DEL PCI</b>										
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>										
39								<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
								39	1	39
								<b>CDV<sub>MAX</sub></b>	<b>39</b>	
								<b>PCI</b>	<b>61</b>	
								<b>CLASIFICACION</b>		
								<b>BUENO</b>		
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>										
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>% de densidad de fallas</b></p>  <p style="text-align: center;">■ % de DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;">Piel de cocodrilo. 5,01</p> </div>										



## Anexo 10. Resultados del PCI Abscisa 1+ 583.30 hasta 1+605.60 Tramo 4

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL														
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>																		
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez															
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.															
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	1+583,30	<b>Abscisa final:</b>	1+605,60													
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	4													
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>													
<b>1</b>	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	<b>11</b>	Parcheo.	m <sup>2</sup>													
<b>2</b>	Exudación.	m <sup>2</sup>	<b>12</b>	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>													
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	<b>13</b>	Huecos.	Nº													
<b>4</b>	Abultamientos y hundimientos.	m	<b>14</b>	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>													
<b>5</b>	Corrugación.	m <sup>2</sup>	<b>15</b>	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>													
<b>6</b>	Depresión.	m <sup>2</sup>	<b>16</b>	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>													
<b>7</b>	Grieta de borde.	m	<b>17</b>	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>													
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta.	m	<b>18</b>	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>													
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón.	m	<b>19</b>	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>													
<b>10</b>	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m																
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>																		
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>											
Piel de cocodrilo.		m2	M	4,00	1,80		7,20											
Piel de cocodrilo.		m2	A	2,30	1,50		3,45											
Agrietamiento en bloque.		m2	M	2,50	1,40		3,50											
Agrietamiento en bloque.		m2	M	2,80	1,20		3,36											
Parcheo		m2	B	3,00	1,80		5,40											
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>																		
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>										
Piel de cocodrilo.		m2	M	7,20	3,13	33	<b>82</b>	<b>4</b>										
Piel de cocodrilo.		m2	A	3,45	1,50	36												
Agrietamiento en bloque.		m2	M	6,86	2,99	8												
Parcheo		m2	B	5,40	2,35	5												
							<b>m</b>	<b>7</b>										
<b>CALCULO DEL PCI</b>																		
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>							<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>									
36	33	8	5				82	4	47									
36	33	8	2				79	3	51									
36	33	2	2				73	2	53									
36	2	2	2				42	1	42									
							<b>CDV MAX</b>		<b>53</b>									
							<b>PCI</b>		<b>47</b>									
<b>CLASIFICACION</b>																		
<b>REGULAR</b>																		
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>																		
<p style="text-align: center;"><b>% de densidad de fallas</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piel de cocodrilo.</td> <td>3,13</td> </tr> <tr> <td>Piel de cocodrilo.</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td>Agrietamiento en bloque.</td> <td>2,99</td> </tr> <tr> <td>Parcheo</td> <td>2,35</td> </tr> </tbody> </table>									Falla	% de DENSIDAD	Piel de cocodrilo.	3,13	Piel de cocodrilo.	1,50	Agrietamiento en bloque.	2,99	Parcheo	2,35
Falla	% de DENSIDAD																	
Piel de cocodrilo.	3,13																	
Piel de cocodrilo.	1,50																	
Agrietamiento en bloque.	2,99																	
Parcheo	2,35																	



## Anexo 11. Resultados del PCI Abscisa 2+ 096.20 hasta 2+118.50 Tramo 5

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL										
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>														
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez											
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.											
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	2+096,20	<b>Abscisa final:</b>	2+118,50									
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	5									
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>									
1	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	11	Parcheo.	m <sup>2</sup>									
2	Exudación.	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>									
3	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	13	Huecos.	Nº									
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>									
5	Corrugación.	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>									
6	Depresión.	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>									
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>									
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>									
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>									
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m												
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>														
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>							
Parcheo.		m2	M	3,40	1,50		5,10							
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	1,9			1,90							
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>														
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>						
Parcheo.		m2	M	5,10	2,22	16	16	1						
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	1,90	0,83	0								
<b>CALCULO DEL PCI</b>														
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>TDV</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>						
16						16	1	16						
						<b>CDV<sub>MAX</sub></b>	16							
						<b>PCI</b>	84							
						<b>CLASIFICACION</b>								
						<b>MUY BUENO</b>								
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>														
<table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parcheo.</td> <td>2,22</td> </tr> <tr> <td>Grietas Longitudinal y/o Transversal.</td> <td>0,83</td> </tr> </tbody> </table>									Falla	% de DENSIDAD	Parcheo.	2,22	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	0,83
Falla	% de DENSIDAD													
Parcheo.	2,22													
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	0,83													

## Anexo 12. Resultados del PCI Abscisa 2+ 609.20 hasta 2+631.40 Tramo 6

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA																	
CENTRO DE POSGRADOS																	
MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL																	
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>																	
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada				<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez											
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020				<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.											
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica				<b>Abscisa inicial:</b>	2+609,20		<b>Abscisa final:</b>	2+631,40								
					<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69		<b>Nº de Tramo</b>	6								
<b>Tipos de fallas</b>			<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>			<b>Unidad</b>										
<b>1</b>	Piel de cocodrilo.			m <sup>2</sup>	<b>11</b>	Parcheo.			m <sup>2</sup>								
<b>2</b>	Exudación.			m <sup>2</sup>	<b>12</b>	Pulimento de agregados.			m <sup>2</sup>								
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque.			m <sup>2</sup>	<b>13</b>	Huecos.			Nº								
<b>4</b>	Abultamientos y hundimientos.			m	<b>14</b>	Cruce de via férrea.			m <sup>2</sup>								
<b>5</b>	Corrugación.			m <sup>2</sup>	<b>15</b>	Ahuellamiento.			m <sup>2</sup>								
<b>6</b>	Depresión.			m <sup>2</sup>	<b>16</b>	Desplazamiento.			m <sup>2</sup>								
<b>7</b>	Grieta de borde.			m	<b>17</b>	Grieta parabolica (slippage).			m <sup>2</sup>								
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta.			m	<b>18</b>	Hinchamiento.			m <sup>2</sup>								
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón.			m	<b>19</b>	Desprendimientos de agregados.			m <sup>2</sup>								
<b>10</b>	Grietas Longitudinal y/o Transversal.			m													
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>																	
<b>Falla</b>			<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>									
Abultamientos y hundimientos.			m	M	22,30			22,30									
Agrietamiento en bloque.			m2	B	1,00	1,00		1,00									
Abultamientos y hundimientos.			m	M	3,20			3,20									
Piel de cocodrilo.			m2	B	3,00	1,00		3,00									
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>																	
<b>Falla</b>			<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>								
Abultamientos y hundimientos.			m	M	25,50	11,10	43	55	2								
Agrietamiento en bloque.			m2	B	1,00	0,44	0										
Piel de cocodrilo.			m2	B	3,00	1,31	12										
								m	6								
<b>CALCULO DEL PCI</b>																	
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>							<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>								
43	12						55	2	41								
43	2						45	1	45								
							<b>CDV<sub>MAX</sub></b>		45								
							<b>PCI</b>		55								
<b>CLASIFICACION</b>																	
<b>REGULAR</b>																	
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>																	
<div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"><b>% de densidad de fallas</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abultamientos y hundimientos.</td> <td>11,10</td> </tr> <tr> <td>Agrietamiento en bloque.</td> <td>0,44</td> </tr> <tr> <td>Piel de cocodrilo.</td> <td>1,31</td> </tr> </tbody> </table> </div>										Falla	% de DENSIDAD	Abultamientos y hundimientos.	11,10	Agrietamiento en bloque.	0,44	Piel de cocodrilo.	1,31
Falla	% de DENSIDAD																
Abultamientos y hundimientos.	11,10																
Agrietamiento en bloque.	0,44																
Piel de cocodrilo.	1,31																



## Anexo 14. Resultados del PCI Abscisa 3+ 634.90 hasta 3+657.20 Tramo 8

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL											
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>															
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluated por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez												
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.												
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	3+634,90	<b>Abscisa final:</b>	3+657,20										
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	8										
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>										
1	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	11	Parqueo.	m <sup>2</sup>										
2	Exudación.	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>										
3	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	13	Huecos.	Nº										
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de vía férrea.	m <sup>2</sup>										
5	Corrugación.	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>										
6	Depresión.	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>										
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>										
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>										
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>										
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m													
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>								
Piel de cocodrilo.		m2	B	6,00	1,10		6,60								
Abultamientos y hundimientos.		m	A	22,30			22,30								
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	22,30			22,30								
Piel de cocodrilo.		m2	B	10,20	1,10		11,22								
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>							
Piel de cocodrilo.		m2	B	17,82	7,76	30	<b>109</b>	<b>3</b>							
Abultamientos y hundimientos.		m	A	22,30	9,71	71									
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	22,30	9,71	8									
							<b>m</b>	<b>4</b>							
<b>CALCULO DEL PCI</b>															
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>							
71	30	8				109	3	69							
71	30	2				103	2	72							
71	2	2				75	1	75							
						<b>CDV<sub>MAX</sub></b>		<b>75</b>							
						<b>PCI</b>		<b>25</b>							
<b>CLASIFICACION</b>															
<b>MUY MALO</b>															
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>															
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center; color: blue;"><b>% de densidad de fallas</b></p> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piel de cocodrilo.</td> <td>7,76</td> </tr> <tr> <td>Abultamientos y hundimientos.</td> <td>9,71</td> </tr> <tr> <td>Grietas Longitudinal y/o Transversal.</td> <td>9,71</td> </tr> </tbody> </table> </div>								Falla	% de DENSIDAD	Piel de cocodrilo.	7,76	Abultamientos y hundimientos.	9,71	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	9,71
Falla	% de DENSIDAD														
Piel de cocodrilo.	7,76														
Abultamientos y hundimientos.	9,71														
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	9,71														

## Anexo 15. Resultados del PCI Abscisa 4+ 147.80 hasta 4+170.10 Tramo 9

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL											
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>															
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez												
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.												
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	4+147,80	<b>Abscisa final:</b>	4+170,10										
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	9										
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>										
1	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	11	Parqueo.	m <sup>2</sup>										
2	Exudación.	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>										
3	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	13	Huecos.	Nº										
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de vía férrea.	m <sup>2</sup>										
5	Corrugación.	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>										
6	Depresión.	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>										
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>										
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>										
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>										
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m													
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>								
Piel de cocodrilo.		m2	M	21,00	2,00		42,00								
Abultamientos y hundimientos.		m	M	21,00			21,00								
Piel de cocodrilo.		m2	M	3,00	1,10		3,30								
Piel de cocodrilo.		m2	M	4,00	1,20		4,80								
Piel de cocodrilo.		m2	M	9,00	3,60		32,40								
Abultamientos y hundimientos.		m	M	3,00			3,00								
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	22,30			22,30								
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>							
Piel de cocodrilo.		m2	M	82,50	35,92	63	113	3							
Abultamientos y hundimientos.		m	M	24,00	10,45	42									
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	22,30	9,71	8									
							<b>m</b>	<b>4</b>							
<b>CALCULO DEL PCI</b>															
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>							
63	42	8				113	3	72							
63	42	2				107	2	75							
63	2	2				67	1	67							
						<b>CDV MAX</b>		75							
						<b>PCI</b>		25							
<b>CLASIFICACION</b>															
<b>MUY MALO</b>															
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>															
<p style="text-align: center;"><b>% de densidad de fallas</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piel de cocodrilo.</td> <td>35,92</td> </tr> <tr> <td>Abultamientos y hundimientos.</td> <td>10,45</td> </tr> <tr> <td>Grietas Longitudinal y/o Transversal.</td> <td>9,71</td> </tr> </tbody> </table>								Falla	% de DENSIDAD	Piel de cocodrilo.	35,92	Abultamientos y hundimientos.	10,45	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	9,71
Falla	% de DENSIDAD														
Piel de cocodrilo.	35,92														
Abultamientos y hundimientos.	10,45														
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	9,71														

## Anexo 16. Resultados del PCI Abscisa 4+ 660.70 hasta 4+683.00 Tramo 10

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL											
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>															
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez												
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.												
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	4+660,70	<b>Abscisa final:</b>	4+683,00										
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	10										
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>										
1	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	11	Parqueo.	m <sup>2</sup>										
2	Exudación.	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>										
3	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	13	Huecos.	Nº										
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>										
5	Corrugación.	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>										
6	Depresión.	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>										
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>										
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>										
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>										
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m													
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>								
Piel de cocodrilo.		m2	M	0,70	0,70		0,49								
Abultamientos y hundimientos.		m	M	6,20			6,20								
Piel de cocodrilo.		m2	M	1,80	0,70		1,26								
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	4,00			4,00								
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>							
Piel de cocodrilo.		m2	M	1,75	0,76	20	41	2							
Abultamientos y hundimientos.		m	M	6,20	2,70	21									
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	4,00	1,74	0									
							m	8							
<b>CALCULO DEL PCI</b>															
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>							
20	21					41	2	31							
20	2					22	1	22							
						<b>CDV<sub>MAX</sub></b>		31							
						<b>PCI</b>		<b>69</b>							
<b>CLASIFICACION</b>															
<b>BUENO</b>															
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>															
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center; color: blue;"><b>% de densidad de fallas</b></p> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piel de cocodrilo.</td> <td>0,76</td> </tr> <tr> <td>Abultamientos y hundimientos.</td> <td>2,70</td> </tr> <tr> <td>Grietas Longitudinal y/o Transversal.</td> <td>1,74</td> </tr> </tbody> </table> </div>								Falla	% de DENSIDAD	Piel de cocodrilo.	0,76	Abultamientos y hundimientos.	2,70	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	1,74
Falla	% de DENSIDAD														
Piel de cocodrilo.	0,76														
Abultamientos y hundimientos.	2,70														
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	1,74														

## Anexo 17. Resultados del PCI Abscisa 5+ 173.60 hasta 5+195.90 Tramo 11

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL														
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>																		
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez															
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.															
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	5+173,60	<b>Abscisa final:</b>	5+195,90													
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>N° de Tramo</b>	11													
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>													
1	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	11	Parqueo.	m <sup>2</sup>													
2	Exudación.	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>													
3	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	13	Huecos.	N°													
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>													
5	Corrugación.	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>													
6	Depresión.	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>													
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>													
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>													
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>													
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m																
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>																		
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>											
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	8,20			8,20											
Agrietamiento en bloque.		m2	M	3,20	1,00		3,20											
Piel de cocodrilo.		m2	B	2,00	1,00		2,00											
Piel de cocodrilo.		m2	M	4,00	1,10		4,40											
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	5,50			5,50											
Piel de cocodrilo.		m2	B	3,50	1,10		3,85											
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	2,90			2,90											
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>																		
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>										
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	B	16,60	7,23	7	<b>60</b>	<b>4</b>										
Agrietamiento en bloque.		m2	M	3,20	1,39	4												
Piel de cocodrilo (B)		m2	B	5,85	2,55	20												
Piel de cocodrilo (M)		m2	M	4,40	1,92	29												
							<b>m</b>	<b>8</b>										
<b>CALCULO DEL PCI</b>																		
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>										
29	20	7	4			60	4	33										
29	20	7	2			58	3	38										
29	20	2	2			53	2	40										
29	2	2	2			35	1	35										
						<b>CDV<sub>MAX</sub></b>		<b>40</b>										
						<b>PCI</b>		<b>60</b>										
<b>CLASIFICACION</b>																		
<b>BUENO</b>																		
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>																		
<table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>% de densidad de fallas</caption> <thead> <tr> <th>Defecto</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grietas Longitudinal y/o Transversal.</td> <td>7,23</td> </tr> <tr> <td>Agrietamiento en bloque.</td> <td>1,39</td> </tr> <tr> <td>Piel de cocodrilo (B)</td> <td>2,55</td> </tr> <tr> <td>Piel de cocodrilo (M)</td> <td>1,92</td> </tr> </tbody> </table>									Defecto	% de DENSIDAD	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	7,23	Agrietamiento en bloque.	1,39	Piel de cocodrilo (B)	2,55	Piel de cocodrilo (M)	1,92
Defecto	% de DENSIDAD																	
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	7,23																	
Agrietamiento en bloque.	1,39																	
Piel de cocodrilo (B)	2,55																	
Piel de cocodrilo (M)	1,92																	

## Anexo 18. Resultados del PCI Abscisa 5+ 686.50 hasta 5+708.80 Tramo 12

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL									
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>													
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez										
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.										
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfáltica	<b>Abscisa inicial:</b>	5+686,50	<b>Abscisa final:</b>	5+708,80								
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	12								
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>								
<b>1</b>	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	<b>11</b>	Parqueo.	m <sup>2</sup>								
<b>2</b>	Exudación.	m <sup>2</sup>	<b>12</b>	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>								
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	<b>13</b>	Huecos.	Nº								
<b>4</b>	Abultamientos y hundimientos.	m	<b>14</b>	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>								
<b>5</b>	Corrugación.	m <sup>2</sup>	<b>15</b>	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>								
<b>6</b>	Depresión.	m <sup>2</sup>	<b>16</b>	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>								
<b>7</b>	Grieta de borde.	m	<b>17</b>	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>								
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta.	m	<b>18</b>	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>								
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón.	m	<b>19</b>	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>								
<b>10</b>	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m											
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>													
<b>Falla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>							
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m	M	11,80			11,80							
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m	M	22,30			22,30							
Agrietamiento en bloque.	m2	M	1,30	0,80		1,04							
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m	M	7,70			7,70							
Agrietamiento en bloque.	m2	M	22,30	3,00		66,90							
Agrietamiento en bloque.	m2	M	4,20	1,30		5,46							
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m	M	15,50			15,50							
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>													
<b>Falla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>						
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m	M	57,30	24,95	28	<b>56</b>	<b>2</b>						
Agrietamiento en bloque.	m2	M	73,40	31,96	28								
						<b>m</b>	<b>8</b>						
<b>CALCULO DEL PCI</b>													
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>					<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>						
28	28				56	2	42						
28	2				30	1	30						
					<b>CDV<sub>MAX</sub></b>		<b>42</b>						
					<b>PCI</b>		<b>58</b>						
<b>CLASIFICACION</b>													
<b>BUENO</b>													
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>													
<p style="text-align: center;"><b>% de densidad de fallas</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grietas Longitudinal y/o Transversal.</td> <td>24,95</td> </tr> <tr> <td>Agrietamiento en bloque.</td> <td>31,96</td> </tr> </tbody> </table>								Falla	% de DENSIDAD	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	24,95	Agrietamiento en bloque.	31,96
Falla	% de DENSIDAD												
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	24,95												
Agrietamiento en bloque.	31,96												



## Anexo 19. Resultados del PCI Abscisa 6+ 199.40 hasta 6+221.70 Tramo 13

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL				
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>								
<b>Vía :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluado por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez					
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.					
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	6+199,40	<b>Abscisa final:</b>	6+221,70			
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	13			
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>			
<b>1</b>	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	<b>11</b>	Parqueo.	m <sup>2</sup>			
<b>2</b>	Exudación.	m <sup>2</sup>	<b>12</b>	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>			
<b>3</b>	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	<b>13</b>	Huecos.	Nº			
<b>4</b>	Abultamientos y hundimientos.	m	<b>14</b>	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>			
<b>5</b>	Corrugación.	m <sup>2</sup>	<b>15</b>	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>			
<b>6</b>	Depresión.	m <sup>2</sup>	<b>16</b>	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>			
<b>7</b>	Grieta de borde.	m	<b>17</b>	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>			
<b>8</b>	Grieta de reflexión de junta.	m	<b>18</b>	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>			
<b>9</b>	Desnivel carril/espaldón.	m	<b>19</b>	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>			
<b>10</b>	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m						
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>								
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>	
Agrietamiento en bloque.		m2	M	4,90	1,60		7,84	
Agrietamiento en bloque.		m2	M	12,90	1,50		19,35	
Agrietamiento en bloque.		m2	M	1,50	0,50		0,75	
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>								
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>
Agrietamiento en bloque.		m2	M	27,94	12,16	19	19	1
							m	8
<b>CALCULO DEL PCI</b>								
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>
19						19	1	19
								CDV <sub>MAX</sub>
								19
								<b>PCI</b>
								<b>81</b>
								<b>CLASIFICACION</b>
								<b>MUY BUENO</b>
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>								
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center; color: blue;">% de densidad de fallas</p> <p style="text-align: center;">■ % de DENSIDAD</p> <p style="text-align: center;">Agrietamiento en bloque. 12,16</p> </div>								

## Anexo 20. Resultados del PCI Abscisa 6+ 712.30 hasta 6+734.60 Tramo 14

UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA		CENTRO DE POSGRADOS		MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL											
<b>EVALUACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)</b>															
<b>Via :</b>	Santa Rosa -Bellavista -La Avanzada	<b>Evaluated por :</b>	Cristobal Leonardo Tene Narvaez												
<b>Fecha :</b>	19 Novimebre del 2020	<b>Revisado por :</b>	Ing. Jesus E. Espinoza Correa M. Sc.												
<b>Tipo de Pavimento:</b>	Pavimento Flexible-Carpeta Asfaltica	<b>Abscisa inicial:</b>	6+712,30	<b>Abscisa final:</b>	6+734,60										
		<b>Area de tramo (m2) :</b>	229,69	<b>Nº de Tramo</b>	14										
<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>	<b>Tipos de fallas</b>		<b>Unidad</b>										
1	Piel de cocodrilo.	m <sup>2</sup>	11	Parqueo.	m <sup>2</sup>										
2	Exudación.	m <sup>2</sup>	12	Pulimento de agregados.	m <sup>2</sup>										
3	Agrietamiento en bloque.	m <sup>2</sup>	13	Huecos.	Nº										
4	Abultamientos y hundimientos.	m	14	Cruce de via férrea.	m <sup>2</sup>										
5	Corrugación.	m <sup>2</sup>	15	Ahuellamiento.	m <sup>2</sup>										
6	Depresión.	m <sup>2</sup>	16	Desplazamiento.	m <sup>2</sup>										
7	Grieta de borde.	m	17	Grieta parabolica (slippage).	m <sup>2</sup>										
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m <sup>2</sup>										
9	Desnivel carril/espaldón.	m	19	Desprendimientos de agregados.	m <sup>2</sup>										
10	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	m													
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Largo m</b>	<b>Ancho m</b>	<b>Prof. m</b>	<b>Total</b>								
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	M	4,50			4,50								
Piel de cocodrilo.		m <sup>2</sup>	M	2,00	0,90		1,80								
Piel de cocodrilo.		m <sup>2</sup>	M	0,80	0,50		0,40								
Agrietamiento en bloque.		m <sup>2</sup>	M	4,60	0,90		4,14								
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>															
<b>Falla</b>		<b>Unidad</b>	<b>Severidad</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad (d%)</b>	<b>VD</b>	<b>VDT</b>	<b>q</b>							
Grietas Longitudinal y/o Transversal.		m	M	4,50	1,96	5	<b>30</b>	<b>3</b>							
Piel de cocodrilo.		m <sup>2</sup>	M	2,20	0,96	21									
Agrietamiento en bloque.		m <sup>2</sup>	M	4,14	1,80	4									
							<b>m</b>	<b>8</b>							
<b>CALCULO DEL PCI</b>															
<b>VALORES DEDUCIDOS</b>						<b>VD</b>	<b>q</b>	<b>CDV</b>							
21	5	4				30	3	36							
21	5	2				28	2	20							
21	2	2				25	1	25							
						<b>CDV<sub>MAX</sub></b>		<b>36</b>							
						<b>PCI</b>		<b>64</b>							
						<b>CLASIFICACION</b>									
						<b>BUENO</b>									
<b>% DE DENSIDAD DE FALLAS</b>															
<p style="text-align: center;"><b>% de densidad de fallas</b></p> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>Falla</th> <th>% de DENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grietas Longitudinal y/o Transversal.</td> <td>1,96</td> </tr> <tr> <td>Piel de cocodrilo.</td> <td>0,96</td> </tr> <tr> <td>Agrietamiento en bloque.</td> <td>1,80</td> </tr> </tbody> </table>								Falla	% de DENSIDAD	Grietas Longitudinal y/o Transversal.	1,96	Piel de cocodrilo.	0,96	Agrietamiento en bloque.	1,80
Falla	% de DENSIDAD														
Grietas Longitudinal y/o Transversal.	1,96														
Piel de cocodrilo.	0,96														
Agrietamiento en bloque.	1,80														



**Anexo 22. Presupuesto referencial de Mantenimiento Rutinario de la vía Santa Rosa-Bellavista –La Avanzada.**

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO RUTINARIO DE LA VÍA SANTA ROSA-BELLAVISTA-LA AVANZADA</b>					
<b>ITEM</b>	<b>RUBRO</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>P.TOTAL</b>
<b>MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>					
1,00	BACHEO ASFALTICO MENOR e=4"	M3	113,39000	183,47000	20.803,66330
2,00	SELLADO DE FISURAS	ML	414,00000	2,00050	828,20700
<b>MANTENIMIENTO DRENAJE</b>					
3,00	LIMPIEZA DE CUNETAS A MANO (INCLUYE INGRESOS TRANVERSALES)	KM	16,00000	708,15150	11.330,42400
4,00	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	U	7,00000	498,23100	3.487,61700
5,00	ROZA A MANO	Ha	2,00000	1.435,31700	2.870,63400
6,00	REPARACIÓN DE BORDILLO -CUNETAS	M3	16,00000	166,68250	2.666,92000
<b>SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL</b>					
7,00	MANTENIMIENTO DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL	U	6,00000	66,51000	399,06000
8,00	MARCAS DE PAVIMENTO (PINTURA REFLECTIVA, FRANJAS DE 10 CM DE ANCHO) AMARILLA	ML	9.343,00000	1,04450	9.758,76350
9,00	MARCAS DE PAVIMENTO (PINTURA REFLECTIVA, FRANJAS DE 10 CM DE ANCHO) BLANCA	ML	15.286,00000	1,04450	15.966,22700
10,00	MARCAS SOBRESALIDAS DEL PAVIMENTO - TACHAS REFLECTIVAS UNIDIRECCIONALES	U	876,00000	5,85300	5.127,22800
11,00	MARCAS SOBRESALIDAS DEL PAVIMENTO - TACHAS REFLECTIVAS BIDIRECCIONALES	U	1.620,00000	6,37700	10.330,74000
12,00	MARCAS DE PAVIMENTO PASO CEBRAS	M2	620,00000	12,35000	7.657,00000
13,00	SEÑAL VERTICAL - PREVENTIVAS (0.75X0.75)M, (AMARILLO.NEGRO). INCLUYE PINTURA REFLECTIVA	U	8,00000	177,57950	1.420,63600
14,00	SEÑAL VERTICAL - INFORMATIVA (1.80X1.20) M,INCLUYE PINTURA REFLECTIVA	U	1,00000	261,38600	261,38600
<b>TOTAL:</b>					<b>92.908,50580</b>
<b>LONGITUD TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>7,64300</b>
<b>COSTO POR KM DE MANTENIMIENTO RUTINARIO</b>					<b>12.156,02588</b>
<b>FECHA: MACHALA, 14 DE MARZO DEL 2022</b>					
ING. CRISTOBAL L. TENE NARVAEZ					