



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ÍNDICES DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA
DETERMINAR EL MODELO DE REGRESIÓN EN
PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA AVENIDA
UNIVERSITARIA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
LIMA**

**PRESENTADA POR
ANIBAL ANTHONY SANABRIA CARRION
GUSTAVO ADOLFO SANCHEZ MELO**

**ASESORES
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA
FELIPE EDGARDO GARCÍA BEDOYA**

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

**LIMA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



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

**ÍNDICES DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL PARA DETERMINAR EL MODELO DE
REGRESIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA,
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

SANABRIA CARRION, ANIBAL ANTHONY

ORCID: 0009-0009-4220-3344

SANCHEZ MELO, GUSTAVO ADOLFO

ORCID: 0009-0000-4030-025X

ASESORES:

ING. OBLITAS SANTA MARIA JUAN MANUEL

ORCID: 0000-0003-3228-8427

ING. GARCÍA BEDOYA, FELIPE EDGARDO

ORCID: 0000-0002-2045-710X

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Esta investigación es gracias a mis progenitores que desde pequeño me inculcaron la disciplina y luchar por mis sueños. Gracias a la valentía y amor que me educaron. A mi hermano Esaú por darme ese aliento de seguir adelante con cada nuevo reto. A mi madrina Nancy por haberme dado paciencia y amor como su propio hijo.

Sanabria Carrión, Anthony Aníbal

Dedicatoria

Dedicado a mis padres y a mi abuela que con esfuerzo y perseverancia me permitieron cumplir mis sueños, agradecerles siempre por enseñarme el significado de la valentía y el esfuerzo, de no rendirme porque Dios está siempre conmigo. Al Ing. Jimmy Galindo por su motivación y apoyo constante.

Sánchez Melo, Gustavo Adolfo

Agradecimiento

Un agradecimiento muy especial a nuestros docentes, al Mg. Oblitas Santamaría y al Ing. García Bedoya por darnos su conocimiento y guiarnos en esta investigación.

A la Universidad San Martín de Porres por formarme.

A la empresa Roadroid por brindarnos las facilidades para nuestra investigación

Sanabria Carrión, Anthony Aníbal
Sánchez Melo, Gustavo Adolfo

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	<i>i</i>
ABSTRACT	<i>ii</i>
INTRODUCCIÓN	<i>iv</i>
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1 Descripción de la Situación Problemática	6
1.2 Formulación del problema	8
1.3 Objetivos	9
1.4 Justificación	9
1.5 Impacto de la Investigación	10
1.6 Viabilidad	11
1.7 Limitaciones	11
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes de Investigación	12
2.2 Bases Teóricas	14
2.3 Definición de Términos Básicos	49
2.4. Hipótesis	50
CAPITULO III: METODOLOGÍA	51
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO	52
4.1 Procedimiento para el Cálculo del IRI	52
4.2 Procedimiento para el Cálculo del PCI	62
4.3 Procedimiento del Cálculo del PSI	69
4.4 Procedimiento para el Modelo de Regresión	70
CAPÍTULO V: RESULTADOS	71
5.1 Índice de Rugosidad Internacional con Roadroid. -	71
5.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI).-	71
5.3 Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI).-	71
5.4 Modelo de Regresión entre el PCI e IRI. -	71
5.5 Modelo de Regresión entre el IRI y PSI. -	71
5.6 Modelo de Regresión entre el PSI y PCI.-	71
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	72
6.1 Contrastación de la Hipótesis	72
6.2 Contrastación con Antecedentes	74
6.3 El IRI en la Avenida Universitaria	75
6.4 El PCI en la Avenida Universitaria	76
6.5 El PSI en la Avenida Universitaria	77
6.6 Modelo de Regresión del IRI, PSI y PCI en la Avenida Universitaria	77

CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Histograma de encuesta a expertos _____	11
Figura 2. Funciones de la estructura del pavimento _____	17
Figura 3. Sección de un pavimento flexible _____	17
Figura 4. Sección de un pavimento rígido _____	19
Figura 5. Escala IRI (m/km) y las características de los pavimentos. _____	21
Figura 6. Estado Vial según rugosidad _____	21
Figura 7. Perfilómetro de 1era clase _____	22
Figura 8. Perfilómetro Inercial APL _____	23
Figura 9. Perfilógrafo de California _____	24
Figura 10. Rugosímetro de Merlín _____	24
Figura 11. IRI promedio según normativa peruana _____	25
Figura 12. Escala Índice de Serviciabilidad _____	33
Figura 13. Tendencia del comportamiento de pavimentos _____	34
Figura 14. Alteraciones Longitudinales _____	34
Figura 15: Modelos para Cálculo de la Varianza _____	35
Figura 16. Aplicativo móvil Roadroid _____	36
Figura 17. Prototipo (2002 - 2003) _____	37
Figura 18. Visualización del mapa Roadroid _____	38
Figura 19. Condición de la carretera según el color _____	39
Figura 20. Comparativa del Software Autostrade Aran y el cIRI en secciones _____	39
Figura 21. Prueba de 72km en Sudáfrica, eIRI, velocidad y altitud _____	40
Figura 22. Índice Roadroid (IR) _____	41
Figura 23. Los puntos representan conjuntamente un diagrama de dispersión. ____	42
Figura 24. Representación del tipo de correlación _____	43
Figura 25. Gráfico de relación de relación lineal _____	43
Figura 26. Gráfico de curva de diagrama de dispersión _____	44
Figura 27. Gráfico de la recta pendiente de regresión lineal _____	45
Figura 28. Representación gráfica de un Modelo Exponencial _____	45
Figura 29. Representación Gráfica de un Modelo Polinomial _____	46
Figura 31. Intersección Avenida Amezaga con Avenida Universitaria Punto Inicial	52
Figura 32. Teléfono inteligente Huawei Y9S con sujetador _____	53
Figura 33. Inicio de Aplicación Roadroid _____	53
Figura 34. Bienvenida de Roadroid _____	54
Figura 35. Opción Settings de la aplicación Roadroid _____	54
Figura 36. Opción del vehículo a usar _____	55
Figura 37. Configuración para foto captura de tramos _____	55

Figura 38. Calibración en 3 ejes	56
Figura 39. Plataforma de Evaluación	56
Figura 41. Intersección Avenida Amezaga con Avenida Universitaria Punto Final	58
Figura 42. Web oficial de Roadroid	58
Figura 44. IRI de polígono encerrado	59
Figura 45. Puntos de Rugosidad Evaluados	60
Figura 46. Opción de fotos cada 100 metros	60
Figura 47. Archivo KML del recorrido en Google Earth	61
Figura 48. Medición al ancho de calzada	62
Figura 49. Instalación de Cámara GoPro	63
Figura 51. Tramo Evaluado de manera visual	65
Figura 52. Valor total de Deducción	66
Figura 53. Curva de Valor Deducido	67
Figura 54. Número máximo de valores deducidos	67
Figura 55. Valor Deducido Corregido	68
Figura 56. Ecuación de Correlación IRI y PSI	69
Figura 57. Clasificación IRI	69
Figura 58. Escala de PCI	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Red Vial Nacional (RVN) según su estado de pavimento por departamento (Kilómetros)	6
Tabla 2. Clasificación de Carreteras por Demanda	15
Tabla 3. Clasificación de Carreteras por Orografía	16
Tabla 4. Proceso de Evaluación de Pavimentos	20
Tabla 5. Normativa de Organizaciones para el control del IRI	26
Tabla 6. Rango de la Condición de un Pavimento	27
Tabla 7. Tipos Fallas del Pavimento	28
Tabla 8. Fallas Tipo Agrietamientos	30
Tabla 9. Fallas Tipo Deformaciones	31
Tabla 10. Fallas Tipo Desprendimientos	32
Tabla 11. Fallas Tipo Afloramientos	32
Tabla 12. Regresión No Lineal con sus nociones respectivamente	47
Tabla 13. Datos de Roadroid en formato “.TXT	61
Tabla 14. Formato de Evaluación de Pavimentos Asfálticos mediante el método PCI	64
Tabla 15. Criterios para la evaluación de pavimentos flexibles	65
Tabla 16. Fallas encontradas en el tramo	65
Tabla 17. Determinación y Clasificación del Índice de Condición del Pavimento	68
Tabla 18. Contrastación de hipótesis específica H1	72
Tabla 19. Contrastación de hipótesis específica H2	73
Tabla 20. Contrastación de hipótesis específica H3	73
Tabla 21. Contrastación de Antecedente Internacional	74
Tabla 22. Contrastación de Antecedente Nacional	75
Tabla 29. Rugosidad Inicial IRI	76
Tabla 30. Clasificación Índice de Serviciabilidad	77
Tabla 31. Modelos de Regresión en la Avenida Universitaria	78

RESUMEN

En nuestro país, tener un sistema vial en óptimas condiciones con las especificaciones requeridas para su diseño es de suma importancia. En la actualidad se han desarrollado diversos métodos para saber el estado actual de un pavimento, sin embargo, existen índices que nos indican de manera eficaz el estado actual de la vía. El fin general de este escrutinio es poder analizar la vinculación de los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento para la formulación del Modelo de Regresión en la Avenida Universitaria. La metodología fue de tipo deductivo - analítico, enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con un diseño de investigación no experimental y de nivel correlacional, de esta forma se pudieron recolectar los datos para luego realizar los cálculos necesarios en el distrito de San Martín de Porres – Los Olivos. Como resultado se pudo constatar mediante los Modelos de regresión obtenidos en la evaluación del IRI, PCI y PSI presentan tres Modelos, 1 Modelo de regresión Lineal y 2 Modelos de Regresión No Lineal. Se determinó que los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento presentan Modelos de Regresión diferentes, tanto lineales como No lineales, relacionadas de forma perfecta y directa mediante ecuaciones de regresión lineal, exponencial y logarítmica. Se recomienda realizar la evaluación con el modelo de regresión $PCI = 1(IRI) + 40$ para una futura evaluación superficial del pavimento con diferentes longitudes del tramo con la finalidad de evaluar el cambio e influencia de este valor hacia la investigación.

Palabras Claves: Índices de Evaluación Superficial, IRI, PSI, PCI, Roadroid, Modelo de Regresión

ABSTRACT

In our country, having a road system in optimal conditions with the specifications required for its design is of utmost importance. Currently, various methods have been developed to know the current state of a pavement, however, there are indices that effectively indicate the current state of the road. The general purpose of this scrutiny is to be able to analyze the linkage of the Pavement Surface Evaluation Indices for the formulation of the Regression Model on University Avenue. The methodology was deductive - analytical, quantitative approach, applied, with a non-experimental investigation design and correlational level, in this way the data could be collected and then carry out the necessary calculations in the district of San Martin de Porres. – The Olive Trees. As a result, it could be confirmed through the regression models obtained in the evaluation of the IRI, PCI and PSI present three Models, 1 Linear Regression Model and 2 Non-Linear Regression Models. It was determined that the Pavement Surface Evaluation Indices present different Regression Models, both linear and Non-linear, related in a perfect and direct way through linear, exponential and logarithmic regression equations. It is recommended to carry out the evaluation with the PCI regression model= $1(IRI) + 40$ for a future surface evaluation of the pavement with different lengths of the section in order to evaluate the change and influence of this value towards the investigation.

Key words: Surface Evaluation Indices, IRI, PSI, PCI Roadroid, Regression Model.

NOMBRE DEL TRABAJO

**ÍNDICES DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL
PARA DETERMINAR EL MODELO DE REG
RESIÓN EN PAVIMENTOS FLEXIBLES EN
LA AVENIDA UNIVERSITARIA, PROVINCI
A Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

AUTOR

**ANIBAL ANTHONY SANABRIA CARRION
/ GUSTAVO ADOLFO SANCHEZ MELO**

RECUESTO DE PALABRAS

15293 Words

RECUESTO DE CARACTERES

85286 Characters

RECUESTO DE PÁGINAS

105 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

17.7MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 8, 2024 9:17 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 8, 2024 9:21 AM GMT-5

● **14% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Biblioteca FIA

Maria Lucero Vasquez Claros
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

En el Perú, un problema significativo en la ciudad de Lima, es el deterioro que presenta la mayoría de pavimentos. Es muy usual localizar grietas, declives y hundimientos que complica el transporte habitual de los automóviles. Estas irregularidades de las carreteras, provocan efectos dinámicos en los vehículos, por diversos factores, mal diseño, materiales inadecuados, deficiencia en el mantenimiento, etc. Lo recomendable es diagnosticar y analizar los deterioros del asfalto con la adecuada anticipación, logrando que las restauraciones concuerden con los trabajos de restitución mínima, y no de reedificación.

Como antecedentes se investigaron los métodos de medición del estado del pavimento, IRI, PSI y PCI con el fin de precisar el modelo de regresión del pavimento. En el año 2010 se creó un aplicativo llamado Roadroid, que nos ayuda de una manera sencilla e innovadora a calcular la rugosidad en pavimentos. Con respecto al PSI se encontraron investigaciones respaldadas por el equipo técnico del Ensayo Vial AASHTO, el cual define la amplitud del trabajo actual del asfalto. Para el PCI, usa una metodología de manera visual para clasificar los 19 tipos de falla existentes.

Se tiene como objetivo analizar la vinculación de los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento para la formulación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria.

Esta investigación es esencial porque se determinará un ejemplar de regresión único que nos ayudará en la agilización de la evaluación, una de las principales fases de evaluación de pavimentos flexibles, para así poder beneficiar al usuario y a los entes que corresponda.

La actual investigación denominada “Índices De Evaluación Superficial Para Determinar El Modelo De Regresión En Pavimentos Flexibles En La Avenida Universitaria, Provincia Y Departamento De Lima”, está comprendida de seis capítulos.

Capítulo I, explica exhaustivamente la esencia del dilema en cuestión, abarcando las interrogantes globales y particulares desde una óptica amplia. De igual manera, se delinean objetivos de carácter general y puntual. Se articulan los cimientos, las restricciones y la factibilidad del escrutinio.

Capítulo II, expone el esquema conceptual, los precedentes a nivel nacional e

internacional, el esclarecimiento de términos fundamentales, fundamentos teóricos, y las presuposiciones tanto universales como particulares.

Capítulo III, detalla la metodología, perspectiva, modalidad de indagación, estratificaciones, estructura, elucidación de cada variable, sistematización de las variables, colectivo y segmento estudiado, junto con los instrumentos y estrategias metodológicas empleadas.

Capítulo IV, consiste en cómo se realizó y desarrolló esta investigación, se narran las actividades realizadas en el tramo de estudio escogido para así poder procesar los datos, tener los valores respectivos de los índices y determinar un modelo de regresión.

Capítulo V, muestra la relación entre los tres indicadores de evaluación y los resultados de determinación del modelo de regresión.

Capítulo VI, discute los resultados obtenidos y analiza la validez de los supuestos. Finalmente se dan conclusiones y sugerencias respectivamente en base a la problemática del estudio, asimismo los anexos y las fuentes de información.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Situación Problemática

El sistema de transporte vial en el mundo es un componente esencial en lo económico, social y desarrollo interno. Estados Unidos y algunos países europeos son los que obtienen mayor índice de progreso en las carreteras pavimentadas en óptimas condiciones, debido a que las carreteras están elaboradas con el fin de brindar confort y seguridad al usuario por ende se prioriza la serviciabilidad.

En el Perú sucede un problema similar con respecto a la homogeneidad superficial de los asfaltos, ya que hay ausencia de medidas de prevención en los proyectos viales. Por otro lado, hay escaso requerimiento en la normativa peruana con temas de la realización, sostenimiento e inspección de calidad en los pavimentos.

La situación del SINAC en el Perú consta de la Red vial nacional, Red vial vecinal, Red vial departamental. Estas mencionadas tienen una condición de servicio en estado regular, ya que tiene diversos errores que influyen en la transitabilidad de los usuarios. El MTC por medio de Provías Nacional presenta un informe de la red vial Nacional en el Perú.

Tabla 1: Red Vial Nacional (RVN) según su estado de pavimento por departamento (Kilómetros)

DEPARTAMENTO	PAVIMENTADA			NO PAVIMENTADA	RVN EXISTENTE	PROYECTADA	RVN TOTAL	% RVN PAVIM.
	Asfaltada	Sol. Básica	Total					
AMAZONAS	324.911	526.614	851.525	3.500	855.025	31.860	886.885	100
ANCASH	899.399	519.382	1,418.781	469.614	1,888.395	66.324	1,954.719	75
APURIMAC	556.159	426.037	982.196	302.534	1,284.730	0.000	1,284.730	76
AREQUIPA	1,125.331	90.244	1,215.575	278.481	1,494.056	0.000	1,494.056	81
AYACUCHO	709.826	1,016.862	1,726.688	67.361	1,794.049	0.000	1,794.049	96
CAJAMARCA	1,038.700	469.232	1,507.932	232.432	1,740.364	0.000	1,740.364	87
CALLAO	45.164	0.000	45.164	0.000	45.164	1.535	46.699	100
CUSCO	1,043.795	579.659	1,623.454	409.389	2,032.843	404.919	2,437.762	80
HUANCANELICA	365.821	825.403	1,191.224	255.013	1,446.237	0.000	1,446.237	82
HUANUCO	410.517	483.846	894.363	421.443	1,315.806	96.948	1,412.754	68
ICA	608.176	75.074	683.250	14.050	697.300	5.777	703.077	98
JUNIN	791.709	269.735	1,061.444	719.342	1,780.786	49.000	1,829.786	60
LA LIBERTAD	635.816	287.118	922.934	340.674	1,263.608	86.502	1,350.110	73
LAMBAYEQUE	386.202	64.619	450.821	18.228	469.049	44.900	513.949	96
LIMA	1,082.237	274.272	1,356.509	328.540	1,685.049	110.705	1,795.754	81
LORETO	49.810	38.802	88.612	40.259	128.871	166.401	295.272	69
MADRE DE DIOS	399.276	0.000	399.276	0.000	399.276	457.687	856.963	100
MOQUEGUA	470.255	0.000	470.255	0.000	470.255	0.000	470.255	100
PASCO	238.764	128.378	367.142	221.153	588.295	0.000	588.295	62
PIURA	1,090.289	514.677	1,604.966	128.002	1,732.968	45.269	1,778.237	93
PUNO	1,306.902	497.170	1,804.072	214.877	2,018.949	0.000	2,018.949	89
SAN MARTIN	630.922	139.259	770.181	54.486	824.667	193.938	1,018.605	93
TACNA	506.556	73.533	580.089	50.994	631.083	0.000	631.083	92
TUMBES	138.474	0.000	138.474	0.000	138.474	11.772	150.246	100
UCAYALI	220.765	1.297	222.062	104.013	326.075	163.000	489.075	68
TOTAL	15,075.776	7,301.213	22,376.989	4,674.385	27,051.374	1,936.537	28,987.911	83

Fuente: MTC (2021)

Se precisa en la Tabla 1 que mayormente las carreteras de Lima, la capital del Perú, están pavimentadas con 1.356 kilómetros, que representan el 81% de la red vial nacional, y se han reparado básicamente 274 kilómetros de carreteras.

Por otro lado, no existen ítems de evaluación para las condiciones viales del municipio central. Por lo general, el mantenimiento regular se limita a las inspecciones; estos comportamientos imprudentes conducen a un bajo nivel de desarrollo nacional.

1.2 Formulación del problema

Dado la problemática expuesta, la avenida universitaria, una de las avenidas principales de Lima Metropolitana, no está exenta de las consecuencias que se ven agravadas por la circulación de vehículos que exceden la carga de diseño, que se consideró para la elaboración del proyecto. Reduciendo significativamente la durabilidad del pavimento. Se requiere tomar medidas de evaluación y prevención para proponer una solución adecuada, ya que dicha avenida recorre siete distritos importantes en toda su extensión.

Con el fin de evaluar la condición funcional, protección y/o deterioro de pavimentos rígidos y flexibles, así también pavimentos no pavimentados para determinar si requieren intervención, se han adoptado normas estandarizadas internacionales. Estas normas han sido adaptadas a las características específicas de cada país

. Entre dichos parámetros se destacan el Índice de Condición del Pavimento (PCI), que proporciona información sobre el deterioro estructural de la superficie del camino; el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI), que evalúa la adecuación funcional del pavimento; y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que cuantifica la irregularidad superficial de la carretera. Estos indicadores están presentes en la etapa de evaluación del pavimento para así poder tener conocimiento de que tipo de mantenimiento puede requerir, sin embargo, por el hecho que dichos indicadores se calculan de manera independiente los resultados que se obtienen no producen los efectos esperados en el aglomerado de la infraestructura vial y La Municipalidad de Lima Metropolitana, entidad encargada de programar los mantenimientos del pavimento de estos, amplía el rango de costo y tiempo.

Resulta de suma relevancia indagar sobre la concordancia existente entre los diversos indicadores empleados para evaluar el estado de una vía. Es esencial comprender si los resultados que se han obtenido con diferentes herramientas son correlacionables y si, en consecuencia, es viable seleccionar cualquiera de estos métodos de forma indiscriminada. Asimismo, resulta pertinente investigar si los indicadores se centran en aspectos divergentes de la condición vial, lo que podría obstaculizar su comparación directa. Por ello, se propone determinar la vinculación entre los tres índices de evaluación superficial, y proponer un modelo matemático de alta fiabilidad mediante el análisis de regresión.

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el Modelo de Regresión que se obtiene analizando la correlación de los índices de Evaluación superficial en la Av. Universitaria?

1.2.2 Problemas específicos

¿De qué manera el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) influyen en la determinación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria?

¿De qué manera el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) influyen en la determinación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria?

¿De qué manera el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) influyen en la determinación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar la correlación de los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento para la formulación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria.

1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar el modelo de regresión entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en la Av. Universitaria.

Determinar el modelo de regresión entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) en la Av. Universitaria.

Determinar el modelo de regresión entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) en la Av. Universitaria.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Social

Para comprender esta clase de justificación, Valderrama (2015) nos aclara que la justificación de carácter teórico: hace referencia al desasosiego que surge en el investigador por ahondar en varios enfoques teóricos que manejan el problema que se desarrolla. Finalmente, de esos enfoques, se espera mejorar y encontrar nuevas explicaciones que modifiquen o complementen el entendimiento inicial [...] (p. 140).

1.4.2 Justificación Teórica

Con respecto a relevancia teórica, se podrá conocer la relación que tiene las variables Índice de Rugosidad Internacional, Índice de Serviciabilidad y el Índice de Condición Superficial, así como el análisis correcto del pavimento de la Avenida Universitaria. Con el fin de aportar este estudio a las municipalidades correspondientes garantizando un estado y calidad óptima de conservación para extender su tiempo de vida utilitaria. De esta manera se podrá desarrollar una mayor accesibilidad y mejorar la serviciabilidad del pavimento.

1.4.3 Justificación Metodológica

Para lograr efectuar el propósito que se abordaron en el estudio, se presentó el uso de las herramientas para determinar las variables independientes "Índices de condición superficial" y la relación que tienen con la variable dependiente "Modelo de regresión". Estos instrumentos ayudaran a próximos indagadores que manejen temas sobre serviciabilidad, rugosidad y fallas en vías pavimentadas. Además, los instrumentos se realizaron a través de la aplicación móvil Roadroid.

1.5 Impacto de la Investigación

1.5.1 Impacto Teórico

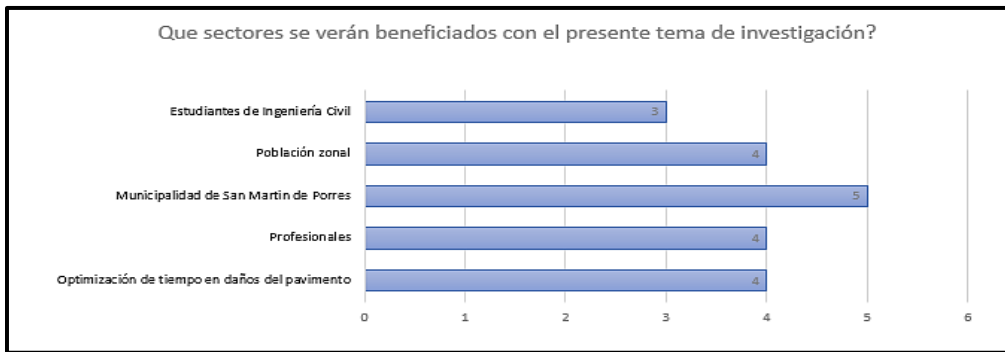
Nos facilitara la evaluación del estado actual de una vía mediante la implementación de un modelo de regresión en la avenida universitaria.

Agilizará el proceso de pavimentación ya que se centrará en una de la primera etapa la cual es la evaluación.

1.5.2 Impacto Práctico

Con el propósito de identificar la repercusión aplicada, es decir, los beneficiarios prospectivos del tópico investigativo tratado, se efectuó un sondeo con especialistas en el dominio. Estos especialistas fueron convocados para que proporcionaran su perspectiva sobre los potenciales beneficiarios de la investigación, con la intención de destacar el público objetivo y orientar el enfoque adecuado del tema. De este modo, se garantiza la pertinencia y relevancia del contenido para aquellos que recibirán y analizarán cada faceta del estudio, tal como se representa en la figura adjunta.

Figura 1. Histograma de encuesta a expertos



Fuente: Elaborado por los autores

1.6 Viabilidad

La investigación es viable técnicamente, ya que para ejecutarla se tomó en cuenta información publicada en el manual de AASHTO, el manual ASTM D6433-11 y trabajos de investigación cuyos títulos se relacionan con el tema, por tal motivo la propuesta es viable.

La investigación es viable socialmente, ya que se propuso un cambio vial en la intersección los beneficiados son los usuarios que recorren por la intersección.

1.7 Limitaciones

Debido al alto tránsito, distancia del tramo, excesiva velocidad de vehículos y peligrosidad de la zona a estudiar se presentaron algunas dificultades para realizar la evaluación, por ello se optó por hacerlo con algunos límites de hora.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Queirolo Menz, Angela (2009). En su escrutinio titulado “Seguimiento de un doble tránsito superficial para camino de alto tránsito”. El propósito principal era examinar el comportamiento y deterioro superficial del asfalto tipo doble tránsito en Chañaral, en Chile. Finalmente determinó que el análisis del asfalto, donde el IRI y el rose del asfalto sobrepasa la nivelación pretendida y aceptada para este modelo de diseño. De esta manera dar a comprender cómo se realiza una búsqueda e inspección de monitoreo de una pavimentación.

Ávila, Aguiar, Badilla, Barrantes, & Loría (2013). En su investigación denominada “Calibración Del Modelo De Serviciabilidad De Pavimentos Flexibles De AASHTO Para Costa Rica”. Su objetivo es determinar un modelo matemático para correlacionar la regularidad superficial, con respecto al confort de los usuarios y el IRI para poder determinar los valores del PSI. La conclusión es que el 50% de los usuarios son más tolerantes con los valores de regularidad de la superficie de la carretera en los países desarrollados, y el mejor valor para aceptar el IRI es entre 2 y 4. Finalmente, la formación mostró que los usuarios en Costa Rica tienen un nivel de tolerancia más elevado al des confort que los usuarios correspondientes a los Estados Unidos.

Psalmen, R. & Sejahtera, Medis. (2019). En su trabajo de investigación “Estudio de relación del IRI y PCI en pavimento flexible” tiene como meta es establecer la conexión del indicador de rugosidad y de condición de pavimentos con el fin de desarrollar un modelo utilizando la técnica de regresión en la vía de Medán. De acuerdo con las conclusiones de la evaluación, se percibe una disparidad entre los índices mencionados. La fórmula resultante de estos dos factores se manifiesta como una ecuación de regresión de carácter exponencial. Como resultado obtuvo que el nivel de relación o de influencia entre ambos es fuerte.

Ghina, Rohmita (2021). En su investigación denominada “Evaluación de Las Condiciones De Las Carreteras mediante el método PCI con la aplicación Roadroid En Carretera Palagan Km. 12 - Km. 15 Región Especial De Yogyakarta”. Donde tiene como fin evaluar el PCI para precisar el confort de la carretera Palagan.Indonesia. Concluyendo que valor de PCI del método de PCI es 81,79%.

La aplicación Roadroid es de 2,8 m / km. En general, PCI está 100% en buenas condiciones, mientras que Roadroid es 87% bueno y 13% moderado, esto se debe al factor subjetivo del topógrafo en el Método PCI.

Al-Neami, M., Al-Rubaei, R., & Kareem, Z. (2017). En su investigación "Evaluación de Condición del Pavimento en Carreteras de la ciudad de Al-Kut". El propósito era calcular la condición de los pavimentos flexibles a través de evaluaciones ópticas empleando el procedimiento PCI junto con información GIS mediante el uso del programa Micro Paver 5.2. Se analizaron diez vías (ocho internas y dos externas) en la urbe de Al-Kut, situada en el núcleo de Iraq. Los hallazgos indicaron que tres carreteras se encontraban en estado deteriorado, mientras que las demás presentaban condiciones aceptables y óptimas. El segmento identificado como 117 en el área examinada se hallaba en óptimas condiciones, a diferencia de los segmentos 61 y 65, que se encontraban en estados aceptable y deteriorado, respectivamente. Resulta crucial instituir un registro de datos que refleje la degeneración vial y la consecuente alteración en los índices anuales del PCI.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Alarcón Alagón, Keith (2018). En su trabajo de investigación "Evaluación Del Estado Superficial Del Pavimento Flexible Por El Método Pavement Condition Index (Pci) Y Su Influencia En El Confort De Servicio Del Circuito De La Explanada De Sacsayhuaman – Cusco" El propósito perseguido consistía en establecer la condición de la superficie del pavimento flexible utilizando el método PCI, así como su repercusión en el confort de servicio del trayecto de la explanada de Sacsayhuaman en Cusco. Se concluyó que la vía está en un estado malo donde presentan fallas significativas la cual produce vibración y por lo tanto reducciones de velocidad del usuario.

Quispe, Claverth & Quispe, Ronald (2018). En su indagación denominada "Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible Por El Método Pavement Condition Index (Pci) En La Vía: Palca - Laimina - Huancavelica" .Tenía como objetivo evaluar la superficie del pavimento a través del PCI donde así nos dará a conocer la conservación del estado de la carretera Palca – Laimina – Huancavelica, por lo que concluyó que las fallas que existen son variadas, lo cual ayudará como guía para las inspecciones viales y su respectivo mantenimiento.

Chuquilin Vigo, Marco Antonio (2019). En su trabajo de investigación “Evaluación del Pavimento Flexible de la carretera ciudad de dios – Cajamarca en zona alto andina con aplicación del método índice de condición del pavimento en el año 2017” Tenía como objetivo determinar la condición del pavimento flexible, en la ubicación alto andina, mediante el método índice de condición del pavimento (PCI) donde se llegó a la conclusión que el valor del PCI promediado se obtuvo para el sector 1 49,34 la cual tiene una clasificación Regular, asimismo en el sector 2 el valor del PCI es de 56.87 la cual representa una clasificación Buena.

Coral, José & León, Fernando (2020). En su trabajo de investigación “Índices de la condición superficial del pavimento para determinar el modelo de regresión en la avenida Defensores del Morro” El fin perseguido se centraba en analizar la correlación entre los Índices de Condición Superficial del Pavimento para establecer el Modelo de Regresión en la Avenida Defensores del Morro donde se llegó a la conclusión que los índices se correlacionan de manera directa mediante una ecuación exponencial perfecta.

Quispe Cama, Hernán (2018). En su escrutinio “Correlación de las metodologías Índice de Condición de Pavimentos y el Índice de Serviciabilidad Presente en la avenida Bolognesi, tramo: Av. Huancavelica – Av. Ferrocarril – El Tambo”. Tenía como objetivo determinar la correlación entre las metodologías PCI Y PSI, para la medición del estado de deterioro en la Avenida Bolognesi. Concluyó que ambos indicadores tienen una relación directa, significa que según la condición del pavimento sabremos cuál es su nivel de transitabilidad.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Carreteras

De acuerdo con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (MTC, 2018) las carreteras son caminos para la circulación de coches a motor que tengan por los menos dos ejes, cuya geometría como, por ejemplo: la pendiente longitudinal y la transversal, parte transversal, área de la superficie de rodadura, etc. Cumplan con los requisitos que nos piden las normas técnicas que estén vigentes.

2.2.1.1 Clasificación de Carreteras

Actualmente la norma DG (2018) enfocada en carreteras, indican que su clasificación se debe en base a los siguientes puntos:

Tabla 2. Clasificación de Carreteras por Demanda

Autopistas de Primera Clase	Autopistas de Segunda Clase
Vías pavimentadas con un Índice Medio Diario Anual (IMDA) superior a 6000 veh/día, poseen calzadas fraccionadas mediante un separador central de una longitud de por lo menos 6 m cada calzada cuenta con 2 o más carriles de por lo menos 3.6m de ancho. (MTC, 2018)	Carreteras asfaltadas que presentan un IMDA fluctuante entre 6000 y 4001 vehículos/día están estructuradas con vías divididas por un separador central. El ancho de estas vías varía de 6 metros a 1 metro, y cada una de ellas dispone de 2 o más carriles, cada uno con un ancho mínimo de 3.60 metros. Implementan medidas de control intermitente en accesos y egresos, facilitando así un flujo vehicular ininterrumpido. Están dotadas con puentes en áreas urbanas y potencialmente incluyen pasos a nivel. (MTC, 2018)
Carreteras de Primera Clase	Carreteras de Segunda Clase
Vías pavimentadas con un IMDA de 2001 a 4000 veh/día, tienen una calzada de 2 carriles de un ancho de por lo menos 3.6m, puede que tengan cruces o pasos vehiculares a nivel y uso de puentes o dispositivos de seguridad vial en zonas urbanas. (MTC, 2018)	Vías pavimentadas con un IMDA de 400 a 2000 veh/día, conformada por una calzada de dos carriles con un ancho de por lo menos 3.3m puede que tengan cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes o dispositivos de seguridad vial en zonas urbanas (MTC, 2018)
Carreteras de Tercera Clase	Trochas Carrozables
Vías con un IMDA máximo de 400 veh/día, cuentan con una calzada de dos carriles de un ancho de por lo menos 3.00m En particular estas vías tienen carriles de como máximo 2.8m avalando un sustento técnico como conocimiento previo. (MTC, 2018)	Son vías de área afirmada o sin asegurar, no llegan a tener las características geométricas de una carretera, comúnmente poseen el IMDA de un máximo de 200 veh/día. Sus calzadas tienen que consumir con un ancho por lo menos de 4m para esta situación se tendrá que edificar plazoletas de cruce cada 500m (MTC, 2018)

Fuente: Realizado por los tesisistas

Tabla 3. Clasificación de Carreteras por Orografía

Terreno Plano (tipo 1)	Terreno Ondulado (tipo 2)
<p>En este punto en el eje de la vía se aprecian pendientes — transversales de 10% o menores, — asimismo las pendientes longitudinales por lo general son menores de 3% por lo que el movimiento de tierras requiere de trabajos mínimos, no presentando ningún tipo de complicación en su trazado. (MTC, 2018)</p>	<p>En la actual fase del eje de esta carretera, se observan inclinaciones transversales que fluctúan del 11% al 50%, mientras que las inclinaciones longitudinales varían del 3% al 6%. La excavación y el modelado del terreno se ejecutan con un uso integral de equipo pesado, lo que resulta en alineaciones rectilíneas intercaladas con curvas de radios extensos, sin ocasionar dificultades en el delineamiento. (MTC, 2018)</p>
Terreno Accidentado (tipo 3)	Terreno Escarpado (tipo 4)
<p>En este punto en el eje de vía se aprecian pendientes transversales con un rango entre 51% a 100% asimismo las pendientes longitudinales se tienen un valor de 6% a 8%, el movimiento de tierras se realiza con participación total de maquinaria pesada (MTC, 2018)</p>	<p>En este punto en el eje de la vía se aprecian pendientes mayores al 100% asimismo las pendientes longitudinales son mayores a 8%, se debe realizar el movimiento de tierras con la participación total de maquinaria pesada. (MTC, 2018)</p>

Fuente: Realizado por los tesisistas

2.2.2 Pavimentos

Un pavimento se configura como una composición estratificada de revestimientos superpuestos, dispuestos en una orientación parcialmente horizontal, concebidos y edificados utilizando materiales idóneos y firmes, estos entramados se apoyan en la subrasante de un camino, que es el resultado del desplazamiento de terreno durante la etapa de acondicionamiento del suelo. Están proyectados para resistir de manera eficiente las cargas recurrentes ocasionadas por el tránsito a lo largo del intervalo previsto para la duración de la infraestructura pavimentada. (Montejo Fonseca, 2002).

Figura 2. Funciones de la estructura del pavimento

CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES
<ul style="list-style-type: none">• Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.
<ul style="list-style-type: none">• Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
<ul style="list-style-type: none">• Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
<ul style="list-style-type: none">• Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

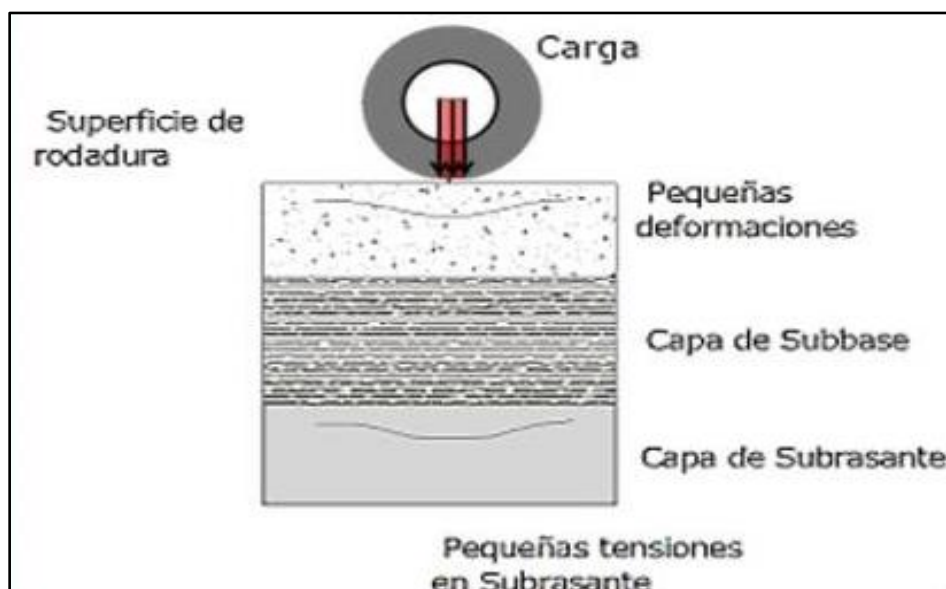
Fuente: Menéndez Acurio, 2012

2.2.2.1 Clasificación de los Pavimentos

2.2.2.1.1 Pavimentos flexibles

Un pavimento de tipo flexible convencional se compone de una estratificación que incluye una capa superficial bituminosa superpuesta a la capa base y la sub-base. La mencionada capa superficial puede constar de una o varias capas de material bituminoso o de mezcla asfáltica caliente. Estos pavimentos exhiben una resistencia a la flexión mínima, lo que los hace susceptibles a deformaciones bajo la influencia de las cargas. La capacidad estructural de los pavimentos flexibles se deriva de la acción conjunta de las variadas estratificaciones que integran la configuración pavimentada. (Deroussen, 2005)

Figura 3. Sección de un pavimento flexible



Fuente: Miranda Rebolledo, 2010

Las cargas generadas por los esfuerzos de tránsito de vehículos livianos y pesados se gastan por cada una de las capas del pavimento de manera que cuando la carga alcanza a la subrasante, las capacidades mecánicas del suelo deben de ser suficientes para no deformarse al recibir las dichas cargas haciendo que no se altere la conservación del pavimento. (Humpiri,Pineda, 2015)

La carpeta asfáltica está conformada por capas que están compuestas y elaboradas por agregados pétreos o materiales granulares, unidos por material asfáltico. Todas las capas que conforman al pavimento deben soportar cambios de temperatura. (Humpiri,Pineda, 2015)

2.2.2.1.2 Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos se denominan así debido a la elevada rigidez a la flexión de la losa de hormigón, por lo que la estructura del pavimento se deforma muy poco bajo carga debido al elevado módulo de elasticidad de su capa superficial. Es capaz de distribuir la carga de tráfico en una gran superficie con poca profundidad, lo que minimiza la necesidad de un número de capas que ayuden a reducir la tensión. (Montejo Fonseca, 2002).

Su función principal es el desempeño estructural ya que, a diferencia del pavimento flexible, está dispersa la tensión del lecho de la calzada con un valor mínimo y la distribuye en un área mayor. (Rondón & Reyes, 2015).

Capas del Pavimento Rígido

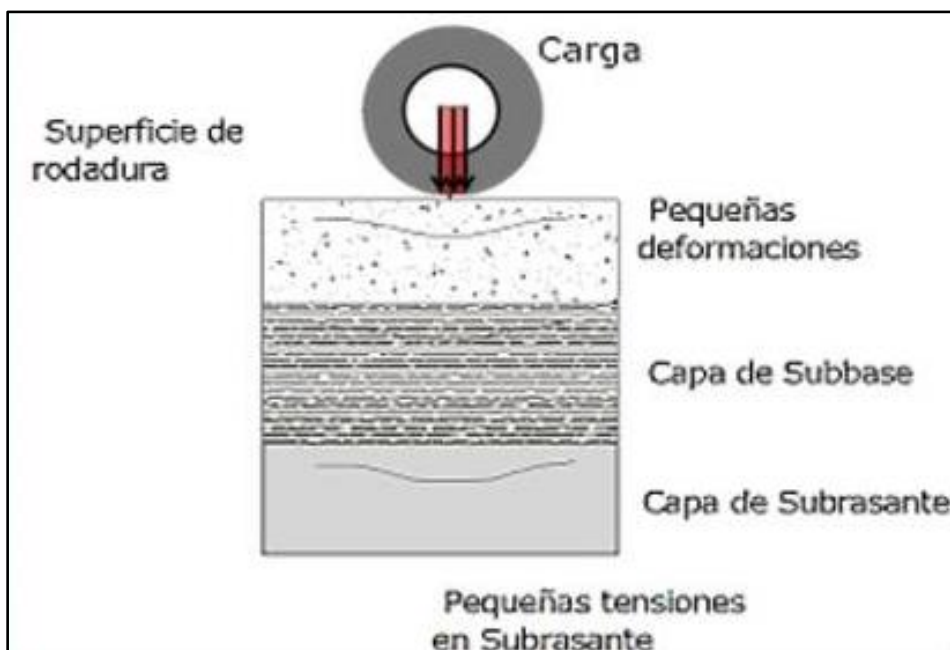
•**Sub-rasante:** Se alude a la composición estratificada del terreno que fundamenta la infraestructura vial, la cual sostiene el pavimento y se prolonga hasta una profundidad que no afecta la carga prevista en el diseño, establecida en función del tráfico anticipado. Esta capa puede ser resultado tanto de excavación como de relleno y, una vez compactada, debe acatar las especificaciones de secciones transversales y gradientes estipuladas en la documentación definitiva del diseño. (Luna, D., 2016).

• **Sub-base:** Es un componente crucial de la estructura del pavimento, ideada esencialmente para sustentar, transferir y distribuir equitativamente las cargas ejercidas sobre la capa de rodadura, permitiendo a su vez que la subcapa las absorba y gestione los cambios inherentes que puedan afectar la estabilidad del suelo

subyacente. Asimismo, la subcapa debe controlar las variaciones en elasticidad y volumen que puedan perjudicar el desempeño del pavimento (Luna, D., 2016).

- **Superficie de rodadura:** Se trata de la estratificación sobre la cual se aplican directamente las cargas generadas por el tráfico vehicular. Esta capa se sitúa sobre la base y está compuesta por una losa de concreto de cemento Portland. Además de proteger las capas inferiores contra los efectos de la exposición al sol, la lluvia y las heladas, la capa de rodadura exhibe una resistencia mínima al desgaste ocasionado por el tráfico vehicular (Luna, D., 2016).

Figura 4. Sección de un pavimento rígido



Fuente: Miranda Rebolledo, 2010

2.2.3 Evaluación de Pavimentos

En definición los pavimentos representan a estructuras que son diseñadas para contribuir a que el usuario tenga seguridad y una mejor fluidez al volante. En este caso la evaluación de pavimentos nos proporciona el estado actual superficial del pavimento, se tienen que aplicar medidas adecuadas para su mantenimiento y reparación para así cumplir sus objetivos y ampliar la vida útil del pavimento.

Existen 3 pasos del proceso de evaluación de pavimentos:

Tabla 4. Proceso de Evaluación de Pavimentos

Evaluación Inicial	Evaluación de Seguimiento	Evaluación Puntual
Esta evaluación se realiza para recopilar datos. Construir el pavimento con la información necesaria para la evaluación inicialmente teníamos la información geológica de la zona e identificamos algún tipo de riesgo geológico, así como datos topográficos, climáticos del sitio, como lluvia y temperatura, información histórica sobre el área. Por ejemplo, si se trata de un carril de circulación o de alguna carretera existente.(Menéndez, 2012)	Las evaluaciones de seguimiento tienen como objetivo comprender el comportamiento del usuario. caminos construidos para que las intervenciones puedan planificarse a lo largo del tiempo, y Facilitar el mantenimiento de las carreteras y, lo que es más importante, identificar las características Deterioro, rugosidad, resistencia, etc. del firme de la carretera fricción, etc. (Menéndez, 2012)	Esta evaluación se lleva a cabo cuando se quiere solucionar un problema exacto, se buscan las causas que han originado los deterioros o si se detectan comportamientos anormales en el pavimento o tránsito. Así proponer acciones de rehabilitación, mantenimiento o refuerzo en el pavimento.(Menéndez, 2012)

Fuente: Realizado por los tesisistas

2.2.4 Índices de la Evaluación Superficial

Se puede clasificar en distintas clases, como:

- Índice de Rugosidad Internacional (IRI)
- Índice de la Condición del Pavimento (PCI)
- Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI)

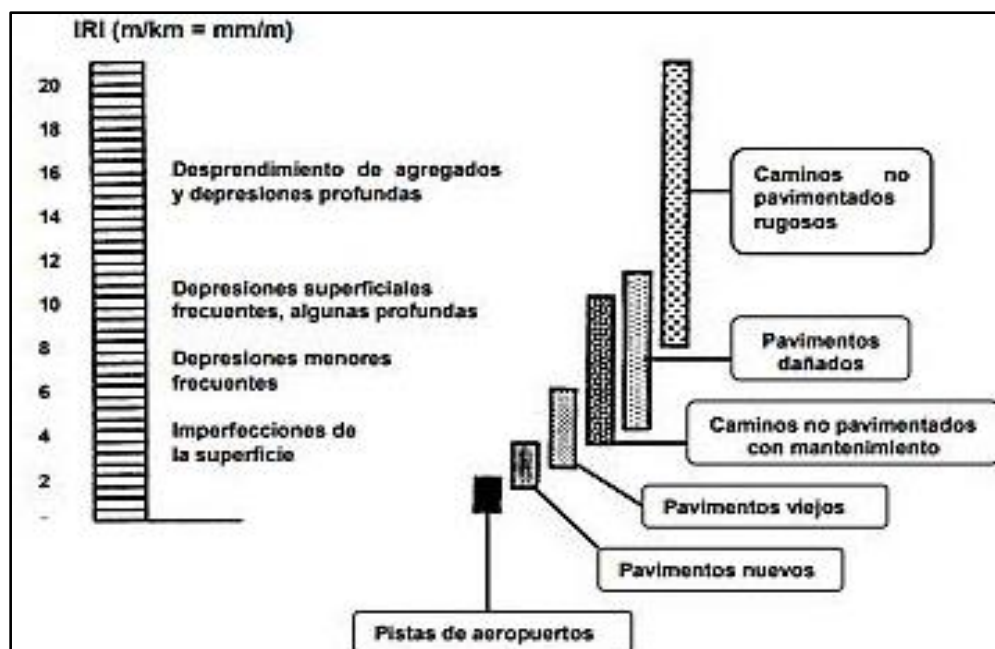
2.2.4.1 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Regularidad o Rugosidad de las cuales ambas significan lo mismo, con una idea de diferenciación en un área con otra área, con una magnitud que afecta el manejo, tránsito vehicular, y el drenaje. (Ávila, T., Aguiar, J., Badilla, G., Barrantes, R. & Loría, L. , 2013).

El IRI se tomó como una medida estándar en las carreteras por el Banco Mundial en 1986.

Según Onofre, Santiago y Sánchez (2008), determina que el Índice Internacional de Rugosidad, cuyas siglas en ingles son IRI (International Roughness Index), sirve como un parámetro referencial para poder verificar la rugosidad de la capa de rodadura.

Figura 5. Escala IRI (m/km) y las características de los pavimentos.



Fuente: Corros, Urbáez, & Corredor (2009)

El IRI se determina mediante movimientos verticales que producen la suspensión de un vehículo (modelo de cuarto de carro) cuando se desplaza por la vía con una velocidad aproximada de 80 km/h. Este alcance, es un registro de confort del usuario sobre la capa de rodadura Caro, F. & Peña, G. (2012).

Figura 6. Estado Vial según rugosidad

Estado	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6$
Regular	$2.8 < IRI \leq 4.0$	$6 < IRI \leq 8$
Malo	$4.0 < IRI \leq 5.0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

Fuente: AASHTO, 1993

2.2.4.1.1 Clases de Medición del IRI

Actualmente hay una clasificación de 4 clases para la medición del IRI que veremos a continuación.

Clase 1: Perfiles con precisión alta

La primera categoría representa la forma más precisa de calcular el valor IRI

ya que utiliza secciones longitudinales definidas por una serie de niveles (dimensiones) definidas por una pequeña distancia.

En la actualidad, solo pertenece a métodos de medición similares, como "la mira y el nivel". Estos métodos son adecuados para la validación y calibración de otros métodos. Para métodos de perfilometría estática, la distancia entre muestras no debe ser de más de 250 mm, la precisión de la medición de la elevación debe estar dentro de los 0,5 mm para superficies muy lisas y los valores de IRI deben tener una desviación inferior al 1,5 %. Montoya, J. (2013)

Figura 7. Perfilómetro de 1era clase



Fuente: Ramos, L. (2018)

Clase 2: Otros métodos perfilométricos

Para Onofre (2008), Este tipo estudia los procedimientos demostrados mediante el perfil longitudinal para calcular el IRI, datos que no brindan precisión. De esta manera se considera el tamaño con perfil de elevada rapidez como estáticos, las mismas que no disponen de una buena claridad y precisión, por ende, no corresponden a la clase uno.

Figura 8. Perfilómetro Inercial APL



Fuente: Ramos, L. (2018)

Clase 3: Estimación del IRI a través de ecuaciones de correlación

La mayoría de las mediciones de rugosidad superficial se realizan en Actualmente, se obtienen a través del Sistema de Tipo de Respuesta (RTRRMS). Este método depende de La dinámica de cada vehículo a lo largo del tiempo. Esta clase necesita transformar las métricas recopiladas. Entonces, el valor original La pendiente media corregida obtenida de RTRRMS debe corregirse y convertirse a la escala IRI, la ecuación de correlación obtenida por calibración Utilice cada dispositivo de forma experimental con uno de los sistemas de Clase 1 o Clase 2. Además, dado que las características mecánicas del vehículo se modifican fácilmente, es necesario mantener un control muy estricto sobre el uso del vehículo en mantenimiento. Del Águila, P. (1999)

Perfilógrafo de California

Consiste en una estructura metálica de 7.62 metros largo aproximadamente, cuenta con ruedas que soporta la estructura en cada extremo. Registra el perfil de un pavimento mediante el movimiento vertical del perfilógrafo. La irregularidad en el pavimento se calcula sumando cada. De Solminihac, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (2018)

Figura 9. Perfilógrafo de California



Fuente: Ramos, L. (2018)

El Rugosímetro de Merlín

Es un mecanismo diseñado para medir la rugosidad del pavimento, cuenta con una rueda y estabilizadores a los laterales. Cuando la rueda gira una vuelta entera se logra visualizar el tablero y se tiene que repetir el proceso hasta llegar a obtener 200 registros, aproximadamente se realizan cada 400m en toda la extensión de la vía. (De Solminihaç, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. ,2018).

Figura 10. Rugosímetro de Merlín



Fuente: Aranibar, M. & Saavedra, K. 2019

Clase 4: Equipos sin calibración y evaluaciones subjetivas

Así mismo por Onofre (2008), En este tipo describe a las situaciones económicas, donde se necesita comprender el tipo de homogeneidad superficial del asfalto, necesita vincular con la progresión del IRI. Finalmente se emplea equipos sin graduar para alcanzar una estimación del tipo del tramo según las satisfacciones ofrecidas al analizar por dicho tramo.

2.2.4.1.2 El IRI en el Perú

Es utilizado por los profesionales de la carretera en todo el mundo para cuantificar la rugosidad de la superficie de la carretera. Se mide y analiza un perfil continuo a lo largo de la carretera para resumir las cualidades de las desviaciones de la superficie del pavimento que afectan al movimiento de la suspensión del vehículo.

Implementando la norma (EG-2000), se llegaron a establecer controles que reciben el IRI con respecto a la superficie de la vía:

Figura 11. IRI promedio según normativa peruana

Pavimentos asfálticos en caliente	Pavimentos con tratamiento superficial	Pavimentos con concreto hidráulico
IRI = 2.00 m/km	IRI = 2.50 m/km	IRI = 3.00 m/km

Fuente: Norma Técnica Peruana

Las normas técnicas de Perú brindan condiciones para la restauración, protección, diseño y determinación de métodos de evaluación de rugosidad para diversas entidades a nivel nacional.

En cálculo del IRI se basa en estudios e investigaciones que el Banco Mundial ha respaldado. Los equipos de Clase 1 continuamente son utilizados en Perú, mediante la norma internacional ASTM E950. (Montoya, J. ,2013)

Tabla 5. Normativa de Organizaciones para el control del IRI

NORMATIVA u ORGANIZACIÓN	Requerimientos de IRI según tipo de superficie				
	Descripción	Carpeta asfáltica	Carpeta asfáltica	Concreto hidráulico	Tratamiento superficial
ASTM E 1926-98	IRI obtenido en sub-lotes de 0.1 km			Presenta dos escalas de valores de IRI con descripción verbal, una para vías pavimentadas y otra para no pavimentadas.	
AASHTO PP-37-02	No especifica			No especifica	
FFWHA	Promedio de los valores de IRI determinado en cada huella cada 100 metros			No especifica	
NORMATIVA u ORGANIZACIÓN	Requerimientos de IRI según tipo de superficie				
	Descripción	Carpeta asfáltica	Carpeta asfáltica	Concreto hidráulico	Tratamiento superficial
Banco Mundial	Promedio global de toda la medición			Presenta una escala de rugosidad para diferentes tipos de vías.	

Fuente: Montoya, J. (2013)

2.2.4.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Es método simple y conveniente de monitorear el estado de las carreteras para identificar las necesidades de rehabilitación. Este método se originó por el con el objetivo de conseguir un proyecto en el que se administre la conservación de los distintos tipos de pavimentos.

Es un método visual, se observa un tramo de la superficie a estudiar y se obtienen los tipos de deterioro, cantidad y gravedad en el tramo, se sigue un desarrollo metodológico prescindiendo de herramientas especializadas para obtener la condición del pavimento.

Su representación es numérica y va desde el 0 hasta el 100, se usa para mostrar la condición del pavimento, el 0 significa que el pavimento está en condiciones de falla o en un pésimo estado, y el 100 nos indica que el estado de dicho pavimento es excelente.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de rangos de valores de las condiciones de un pavimento.

Tabla 6. Rango de la Condición de un Pavimento

Rango PCI %	Color	Estado
0-10	Black	Falla
11-25	Brown	Muy Malo
26-40	Red	Malo
41-55	Pink	Regular
56-70	Yellow	Bueno
71-85	Green	Muy Bueno
86-100	Dark Green	Excelente

Fuente: ASTM (2011)

2.2.4.2.1 Fallas de Pavimento

Las deficiencias resultan de la interacción entre los materiales, el diseño, la ejecución y el flujo vehicular. Estos elementos, en su conjunto, inducen el decaimiento progresivo del pavimento, situación que se intensifica debido a la falta de un mantenimiento adecuado. En la infraestructura vial, se identifican dos categorías de fallas: estructurales y funcionales. Las fallas estructurales emergen por la degeneración de la estructura del pavimento, lo que disminuye la unión entre las capas y compromete su respuesta a las cargas externas. Las funcionales, por otro lado, impactan directamente en la transitabilidad, en la calidad y en la apariencia de la superficie de rodadura, comprometiendo la seguridad de los usuarios. Rodríguez Velásquez (2009).

Existen 19 tipos de fallas para el PCI que se mencionan a través de la Norma ASTM D6433.

Tabla 7. Tipos Fallas del Pavimento

FALLAS	
ITEM	DESCRIPCIÓN
1	PIEL DE COCODRILO
2	EXUDACIÓN
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE
4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS
5	CORRUGACIÓN
6	DEPRESIONES
7	GRIETA DE BORDE
8	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES
11	PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS
13	HUECOS
14	CRUCE DE VIA FERREA
15	AHUELLAMIENTO
16	DESPLAZAMIENTOS
17	GRIETAS PARABOLICAS
18	HINCHAMIENTO
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

Fuente: Angulo, J (2019)

2.2.4.2.2 Nivel de Severidad

El daño generalmente evoluciona con el tiempo, afecta cada vez más a la solidez del pavimento. Se distinguen tres grados de severidad: leve, moderado y grave; los cuales facilitan la caracterización de la intensidad del avance del desgaste del pavimento. usualmente están asociados a diferentes requisitos de protección, desde la inacción (seguimiento) hasta la sustitución completa la carretera.

Baja o Low (L): Al momento de transitar por el pavimento se notan en el vehículo pequeñas vibraciones, aunque no logran que la velocidad se disminuya, se siente un poco de inconformidad.

Medio o Medium (M): Al conducir por la vía, notará que el vehículo tiene una vibración evidente, y la velocidad debe reducirse para evitar molestias

Alto o High (H): Al conducir por la vía, encontrará que el vehículo vibra demasiado, lo que hace que la velocidad del vehículo disminuya significativamente y

también causará una gran incomodidad.

2.2.4.2.3 Fallas en Pavimentos según la Norma ASTM D6433-11

Teniendo en cuenta el concepto de falla superficial y estructural, la norma D6433-11 determina 19 tipos de fallas las cuales se clasifican en 4 tipos, para el caso de fallas superficiales tenemos al desprendimiento y afloramientos, para el caso de fallas estructurales tenemos a los agrietamientos y deformaciones, ahora, se detallan la siguiente tabla con los diferentes errores.







Las fallas por el tipo de agrietamiento son ocasionadas por motivo estructural en el pavimento estas pueden ser ocasionadas por un mal proceso constructivo, mala calidad de los insumos, mala propuesta de diseño, etc. En la Tabla 4 se muestra las fallas del tipo agrietamiento.

Las fallas del tipo deformación son ocasionadas por la constante sobrecarga del tránsito vehicular que recorren en su vida utilitaria, este tipo de falla es muy importante puesto que gran parte de los casos son estructurales. En la Tabla 5 se muestra las fallas del tipo de formación.

Las fallas del tipo de desprendimiento son ocasionadas en la estratificación de superficie del pavimento casi siempre ocurren la movilización de partículas en la superficie, se recomienda en estos casos tomar precaución. En la Tabla 6 se muestra las fallas del tipo desprendimiento.





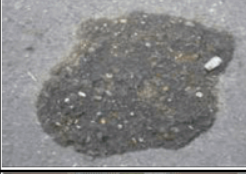



Las fallas del tipo afloramiento son manchas presentes en la parte superior de la vía por lo tanto se recomienda su intervención según el líquido presente en la superficie. En la Tabla 7 se muestra las fallas del tipo afloramiento

Tabla 8. Fallas Tipo Agrietamientos

TIPO	CONCEPTO	IMAGEN
PIEL DE COCODRILO	Son grietas entrelazadas que forman polígonos de dimensiones normalmente inferiores a 30 cm. y simulan la piel que cubre un cocodrilo o una malla metálica. También conocido como malla de gallinero. Por lo general ocupan áreas pequeñas, sin embargo, pueden llegar a ocupar áreas significativas. En la mayoría de los casos son causadas por fatiga del material sometido a cargas reiteradas. También son causadas por el asentamiento de la superficie sobre una capa inferior o subsuelo, inestables por el estado de saturación, debido a un mal drenaje. Además, pueden ser causadas por envejecimiento o escasez de espesor de carpeta	
GRIETAS EN BLOQUE	Son fisuras o grietas que forman una serie de trozos aproximadamente rectangulares, simulando la división política de un país, cuyas dimensiones pueden estar comprendidas entre 0.1 y 10 m ² . Son causadas debido a una mezcla asfáltica muy rígida, espesor de pavimento inadecuado, fatiga y/o debilidad de la estructura del pavimento. Este tipo de falla no está relacionada con las cargas de tránsito, sin embargo, como es evidente, las cargas de tránsito aumentan su severidad.	
FISURAS DE REFLEXIÓN DE JUNTA	Son grietas que se producen solo en las carpetas asfálticas construidas sobre losas de concreto, coincidiendo con las juntas y grietas de este. Esta falla no incluye fisuras de reflexión provenientes de bases estabilizadas con cemento o cal. Este tipo de falla también se presenta en los recarpeteos asfálticos sobre pavimento. Son causadas por el movimiento de la losa de concreto debido a la temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico, la noción de las dimensiones de la losa de concreto permite identificar estas fallas. También son causadas debido a una liga inadecuada entre capas y/o debido a un espesor inadecuado de carpeta sobre losas inestables de concreto. Las cargas de tráfico causan deterioro de la superficie de concreto armado cerca de la fisura, si el pavimento a lo largo de la grieta está fragmentado, se dice que está descascarado.	
FISURAS DE BORDE	Son fisuras y grietas continuas, casi longitudinales, se desarrollan paralelas al borde del pavimento. Se originan exclusivamente cuando las bermas no son pavimentadas. Generalmente se encuentran a una distancia de entre 0.3 a 0.5m. del borde. Su origen está en el debilitamiento de la base o la subrasante, mal confinamiento de la carpeta, deficiencias en el drenaje y/o la existencia de un carril muy angosto que obliga al tránsito a circular muy cerca del borde. Esta falla se acentúa con las cargas de tránsito, al punto en que los fragmentos del pavimento son removidos.	
FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	Las fisuras longitudinales son paralelas al eje de la calzada o a la línea direccional de la construcción, preferentemente localizadas dentro de las huellas por donde circula la mayor parte del tránsito. También pueden ubicarse sobre el eje del pavimento. Este tipo de fisuras son causadas por insuficiencia en el funcionamiento de juntas de construcción longitudinales, espesor insuficiente de carpeta, contracción de materiales de la superficie de rodadura, mal drenaje y/o asentamientos en la base por una compactación inadecuada. Las fisuras transversales son normales al eje de la calzada o a la dirección de la construcción. Estas fisuras se originan debido a la acción del tránsito, espesor insuficiente de carpeta, deficiencia en las juntas transversales de construcción y/o gradientes térmicos en especial en mezclas muy rígidas.	
FISURAS PARABÓLICAS O POR DESPLAZAMIENTO	Son fisuras parabólicas o en forma de media luna que se forman sobre la superficie de rodadura y se presentan en la dirección del tránsito. Este tipo de fisuras son causadas por la acción de dirección que producen, las ruedas pesadas y a baja velocidad, en el pavimento un deslizamiento. También son originadas por una mezcla inestable debido al exceso de asfalto y/o debido al movimiento lateral y ascendente de las bases granular.	




Fuente: Gamboa Chicchón (2009)

Tabla 9. Fallas Tipo Deformaciones

TIPO	CONCEPTO	IMAGEN
ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	Los abultamientos son una serie de levantamientos tipo onda que, como su nombre lo dice, se desplazan hacia arriba, y están localizados en la superficie. Los hundimientos son deformaciones hacia abajo del pavimento. Estos son causados por el tránsito donde se somete al pavimento a elevados esfuerzos ó donde la base ó subrasante es inestable. El deterioro también puede ocurrir debido a deficiencias de la estabilidad de las mezclas asfálticas y/o a un mal drenaje.	
CORRUGACIÓN	Ondulaciones de la carpeta asfáltica ligeramente espaciadas a intervalos regulares transversales al eje de calzada. También se le conoce como "arqueamiento de tabla de lavado". Este tipo de falla es causado por la unión inapropiada entre las capas asfálticas y base, desequilibrio de la mezcla, inestabilidad de la superficie y/o acción de las cargas de tránsito.	
DEPRESIÓN	Las depresiones son hundimientos de la superficie del pavimento en áreas localizadas, las leves depresiones no son, muchas veces, visibles, sino después de una lluvia, donde el agua empozada forma un área de "baño de pájaros". El origen de este tipo de falla está en los asentamientos del suelo de la fundación. También son causados por deficiencias en el proceso constructivo como mala compactación y/o uso de materiales inadecuados. Estas fallas pueden causar rugosidad y cuando son lo suficientemente profundas, hidropilano.	
DESNIVEL CARRIL BERMA	Esta falla se presenta cuando existe diferencia entre el nivel de elevación del pavimento y la berma. Es causada por la erosión o asentamiento de la berma, también podría producirse debido a la inadecuada colocación de nuevas capas sin considerar el nivel de la berma.	
PARCHES Y CORTES	El parche es empleado para reparar o reemplazar un área de pavimento deteriorado. Es considerado una falla debido a su comportamiento, un área parchada no tiene el mismo comportamiento que la sección original de pavimento. Los cortes utilitarios son, en su mayoría, buzones de desagüe. Es un claro indicador de la necesidad de mantenimiento ó necesidad de refuerzo.	
AHUELLAMIENTO	Es la deformación permanente del pavimento en la zona donde se apoyan las huellas de las ruedas de los vehículos, se produce debido al movimiento de los materiales a causa del tránsito. El levantamiento del pavimento puede ocurrir en el área adyacente al ahuellamiento. Si los asentamientos son menores a 1cm., se deben a deformaciones de la carpeta asfáltica, si son mayores puede deberse a un inadecuado espesor de base. Este tipo de falla puede ser causado por mala compactación de la carpeta asfáltica durante la construcción, deficiencia del diseño, inestabilidad de la carpeta y/o base.	
DESPLAZAMIENTO	Es el corrimiento longitudinal y permanente del pavimento al borde del camino, genera destrucción a corto plazo. Esta falla se origina por la acción del tráfico, este produce una onda violenta sobre el pavimento. También es causado por asentamientos longitudinales, inestabilidad de la carpeta, sobrecarga de tránsito, inadecuado confinamiento y/o mala compactación. Esta clase de falla se presenta, en su mayoría, en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestable.	
HINCHAMIENTO	Son crestas ó protuberancias en el sentido paralelo al tráfico, se presenta como una onda de más de 3m. Puede presentarse junto al fisuramiento superficial. Es originado por inestabilidad de la mezcla asfáltica, liga inadecuada entre capas, tránsito intenso y/o presencia de suelos expansivos.	


Fuente: Gamboa Chicchón (2009)

Tabla 10. Fallas Tipo Desprendimientos

<i>TIPO</i>	<i>CONCEPTO</i>	<i>IMAGEN</i>
BACHES	Son hundimientos de la carpeta asfáltica, pueden ser de distinto tamaño, generalmente presentan bordes agudos. Este tipo de falla representa la desintegración total de la superficie de rodadura y puede desamollarse hasta las capas inferiores del pavimento. Son daños asociados a la condición de la estructura. Esta falla se ve acentuada con la presencia de agua que agranda el tamaño de estos hundimientos. Son originados debido a la poca resistencia de la carpeta, mezclas pobres, defectos constructivos, contenido de asfalto insuficiente, mal drenaje, fatiga de los materiales, inestabilidad de la base y/o espesor deficiente.	
AGREGADO PULIDO	Deterioro considerable de la carpeta asfáltica produciendo áreas lisas, donde la adherencia con las ruedas del vehículo se ve reducida considerablemente. Si la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura no contribuye a reducir la velocidad del vehículo. Este daño es producto de la repetición de cargas de tránsito, agregado grueso de la carpeta con poca resistencia al desgaste, excesiva compactación y/o presencia de agregados inapropiados.	
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	Es la desintegración de la calzada debida a la pérdida del ligante asfáltico y a la separación de los agregados gruesos de la carpeta asfáltica. Esta falla es indicador del endurecimiento del ligante ó de la mala calidad de la mezcla con insuficiente ligante. Se debe a la desintegración de la carpeta por la mala calidad de los materiales, defectos constructivos, falta de adherencia entre el agregado y el asfalto. La pérdida de agregados debida a la filtración de aceites también se considera como desprendimientos.	

Fuente: Gamboa Chicchón (2009)

Tabla 11. Fallas Tipo Afloramientos

<i>TIPO</i>	<i>CONCEPTO</i>	<i>IMAGEN</i>
EXUDACIÓN	Es el afloramiento hacia la superficie del asfalto formando una película pegajosa y que resulta peligrosa para el tránsito de los vehículos. Esta falla es originada debido al exceso de asfalto, excesiva compactación de mezclas ricas, sobredosificación de riego de liga, alta temperatura de compactación y/o bajo contenido de vacíos. Empieza cuando los vacíos de la mezcla, a elevadas temperaturas, se saturan de asfalto y entonces se expande en la superficie del pavimento.	

Fuente: Gamboa Chicchón (2009)

2.2.4.3 Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI)

2.2.4.3.1 Fundamento teórico

AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials), primera entidad en planificar una técnica con el objetivo de disponer el nivel de daño de los asfaltos, pretendiendo vincular el estado estructural y funcional. Para esa medición se introdujo el concepto de PSI, a través de encuestas realizadas individualmente en los años setenta en Estados Unidos a los usuarios que transiten en la carretera.

Las calificaciones de los pavimentos variaban con valores extremo desde 0 hasta 5, dependía de las condiciones del camino. (MTC, 2018).

Figura 12. Escala Índice de Serviciabilidad

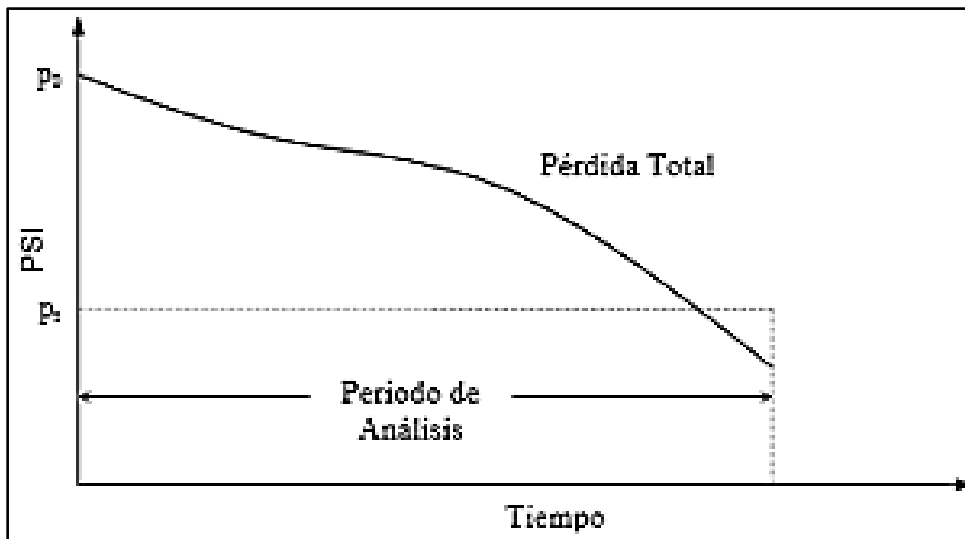
Índice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy Buena
4	
3	Buena
2	Regula
1	Mala
0	Pesima

Fuente: Guía ASHTOO

El concepto de la serviciabilidad se basa en la función de las carreteras proveer comodidad a los usuarios evaluando de manera subjetiva (opinión) para así relacionadas objetivamente con las mediciones físicas del pavimento. De Solminihac, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (2018).

El PSI es un indicador de gran utilidad, simboliza la condición del asfalto en el momento en que se realiza su análisis por lo que puede variar con el paso del tiempo.

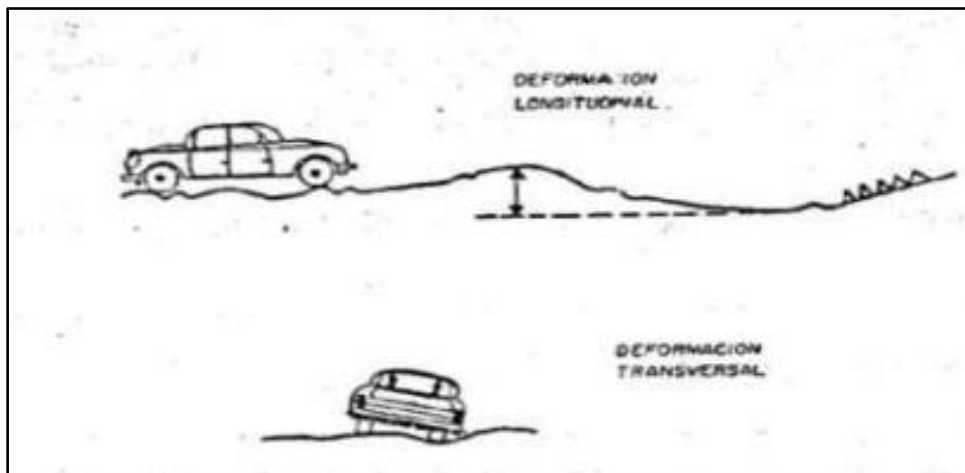
Figura 13. Tendencia del comportamiento de pavimentos



Fuente: Guía ASHTOO, 2008

Las alteraciones longitudinales son el parámetro que tiene superior incidencia para la determinación del PSI, razón por la cual han aparecido varios métodos para su evaluación, justificados en mediciones de topografía y en el uso de equipos que logran registrar dichas alteraciones de longitud.

Figura 14. Alteraciones Longitudinales



Fuente: Corros, Urbáez, & Corredor, 2009

2.2.4.3.1 Ecuaciones de Medición

Al-Omari y Darter: Desarrollaron en 1994 una ecuación para pavimentos compuestos y rígidos, donde logran correlacionar el PSI y el IRI. Asimismo, los investigadores anunciaron que la correlación fue exitosa.

Se considera la mejor fórmula señalada para hallar el PSI de la guía según el AASHTO

El modelo generado es el siguiente:

$$PSI = 5 \times e^{-0.24IRI}$$

Hall y Correa Muñoz: Desarrollaron en 1999 un modelo para estimar el PSI en base al IRI que sirve para pavimentos de concreto y asfálticos. Fue desarrollado mediante la relación que hay entre los valores que se han obtenido mediante la prueba de AASHTO y la varianza de la pendiente (SV). Los modelos generados son los siguientes:

Figura 15: Modelos para Cálculo de la Varianza

<u>Pavimentos Flexibles</u>	<u>Pavimentos Rígidos</u>
$PSI=5-0,2397x^4+1,771x^3-1,4045x^2-1,5803x$, R ² =0,95	$PSI=5+0,6046x^3-2,2217x^2-0,0434x$, R ² =0,97
Donde x = log (1+SV) en ambos casos. Se establece una ecuación de regresión pares ordenados IRI – SV	
	$SV=2,2704(IRI)^2$, R ² =0,99

Fuente: Corros, Urbáez, & Corredor, 2009

2.2.5 Roadroid

Roadroid es una aplicación para teléfonos inteligentes, su nombre viene de “Road” (Vía o Camino) y “Droid” (Android), Esta aplicación se creó en el 2010 principalmente para monitorear la condición del pavimento a través del acelerómetro del móvil que atrapa las vibraciones del auto y lo trasforma a través de ecuaciones. Jones, H. & Forslof, L. (2014).

Figura 16. Aplicativo móvil Roadroid



Fuente: Jones, H. & Forslof, L. (2014)

Mediante un sitio web que permite observar la configuración de las pistas en un mapa. Este sistema ha sido desarrollado exclusivamente para dispositivos móviles que operan con el sistema Android. Se logra evaluar de manera sencilla la calidad de los pavimentos, vías y avenidas, empleando los sensores integrados en el GPS y las cámaras.

A través de un portal web podemos visualizar las pistas en un mapa. Este método se creó únicamente para los móviles con sistema operativo Android. Evalúa de manera sencilla la calidad de los pavimentos, vías y avenidas, empleando los sensores integrados en el GPS y las cámaras.

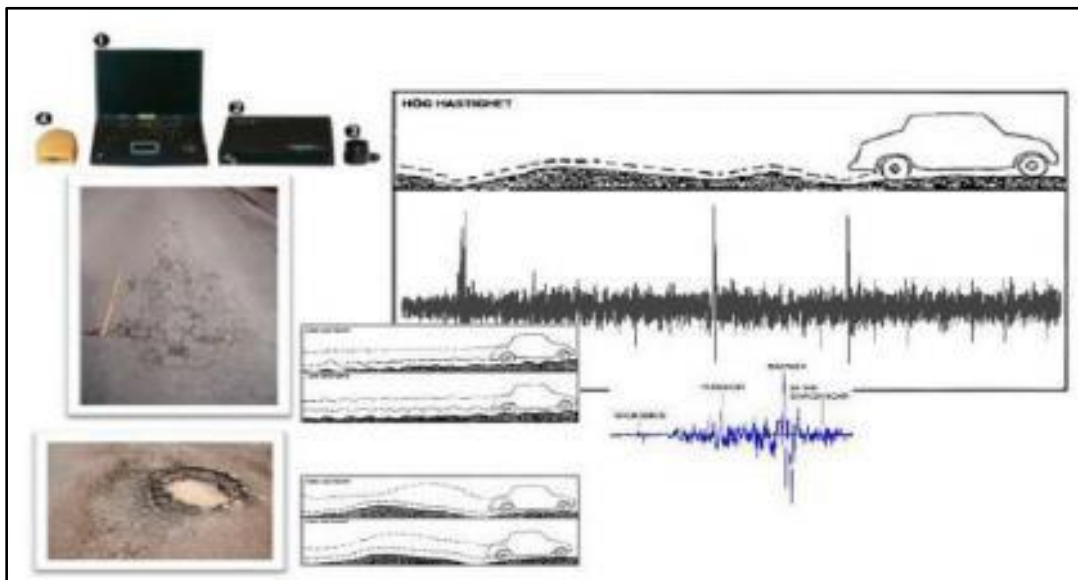
Por otro lado, Administración Nacional de Transportes de Suecia define este método luego de muchos años de estudio, donde diversos especialistas colaboraron y crearon la plataforma.

2.2.5.1 Historia del Roadroid

El aplicativo de Roadroid, encargada por Hans Jones y Lars Forslof, ambos de origen sueco, inició este proyecto en los años 90's. En el año del 2001 se expuso un proyecto que abordaba la inspección de velocidades en los camiones, del cual se pudo examinar el estado del pavimento. Por ende, se determinó fijar una lectura de vibraciones

El Royal Intitute of Technology fabricó su primer prototipo en el año 2002 y 2003, en donde explica que un acelerómetro, ubicado en la parte superior de un vehículo, fue enlazado a un software que evalúa las huellas. (Jones Hans & Forslof Lars, 2014).

Figura 17. Prototipo (2002 - 2003)



Fuente: Jones, H. & Forslof, L. (2014)

En el año 2010 los investigadores inspeccionaron los equipos móviles y se notificó que estos contenían un acelerómetro. Por tal motivo los ingenieros a cargo, Lars, Hans y Tommy, se juntaron para examinar los siguientes puntos; las vibraciones, tipos de vehículo, el acelerómetro y modelo de Smartphone. En el 2011 se realizaron pruebas de campo recopilando la información antigua con la nueva tecnología. En el año 2012, se pidió a pocos lugares que optaran hacer los principales en utilizar la app sin costo alguno, poco en el año 2013 fue la ganadora del premio (UN World Summit Award).

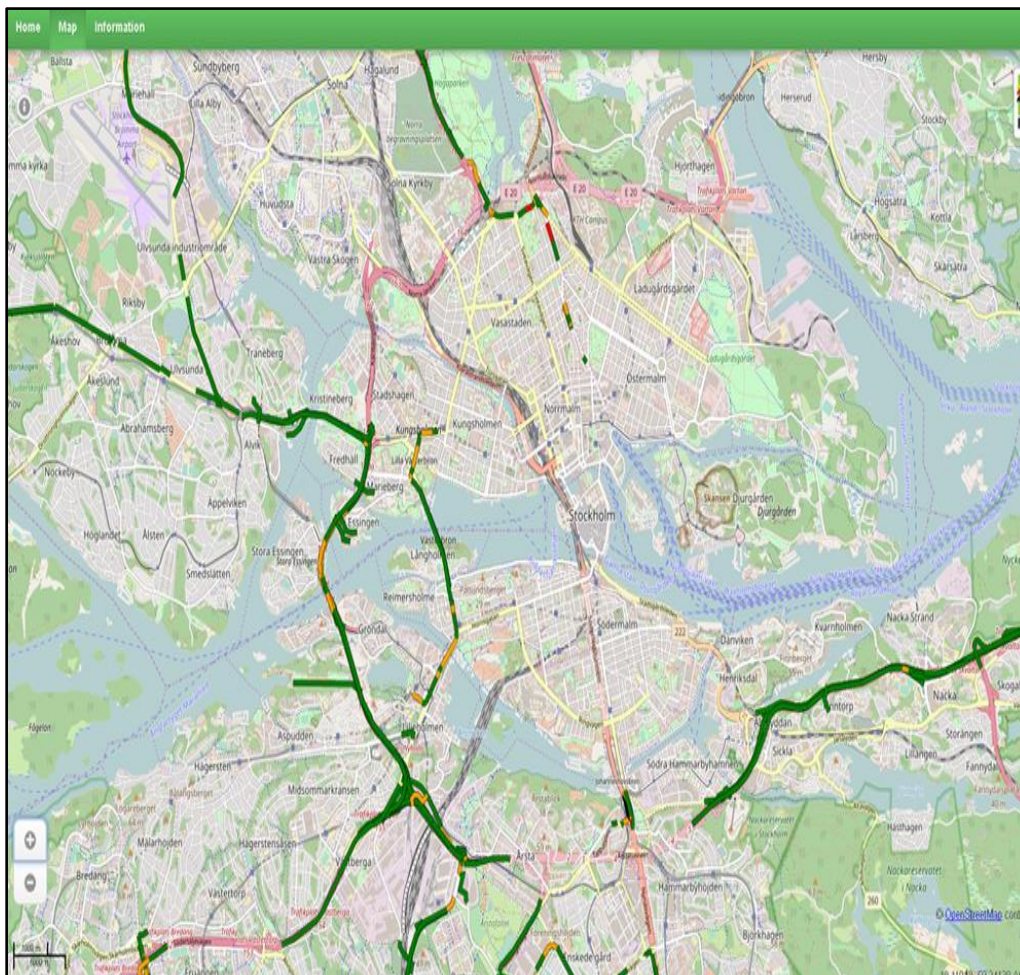
Se logró desarrollar un aplicativo que funciona para Android con fácil acceso, sencillo de usar, económico y objetivo. En avenidas de alto estándar, Roadroid es una

alternativa para darle seguimiento a los cambios de rugosidad que nacen con el tiempo. (Jones Hans & Forslof Lars, 2014).

2.2.8.2 Entorno a la Visualización del Roadroid





Los datos obtenidos se pueden visualizar mediante el portal del Roadroid, podemos realizar el análisis y así determinar el IRI en un pavimento. Así mismo el usuario del Roadroid puede obtener los datos recopilados, sin tener que estar conectado a internet, ya que la data es recopilada en una nube. Finalmente, las vías se visualizan mediante Google Maps y los niveles representados por colores que representa la calidad del que se encuentra un pavimento. (Jones Hans & Forslof Lars ,2014)

Figura 18. Visualización del mapa Roadroid



Fuente: Jones, H. & Forslof, L. (2014)

Figura 19. Condición de la carretera según el color

Road Condition	eIRI	Color
Condición de la carretera		
BUENO	< 2.2	
SATISFACTORIO	2.2 - 3.8	
NO SATISFACTORIO	3.8 - 5.4	
POBRE	> 5.4	

Fuente: Jones, H. & Forslof, L. (2014)

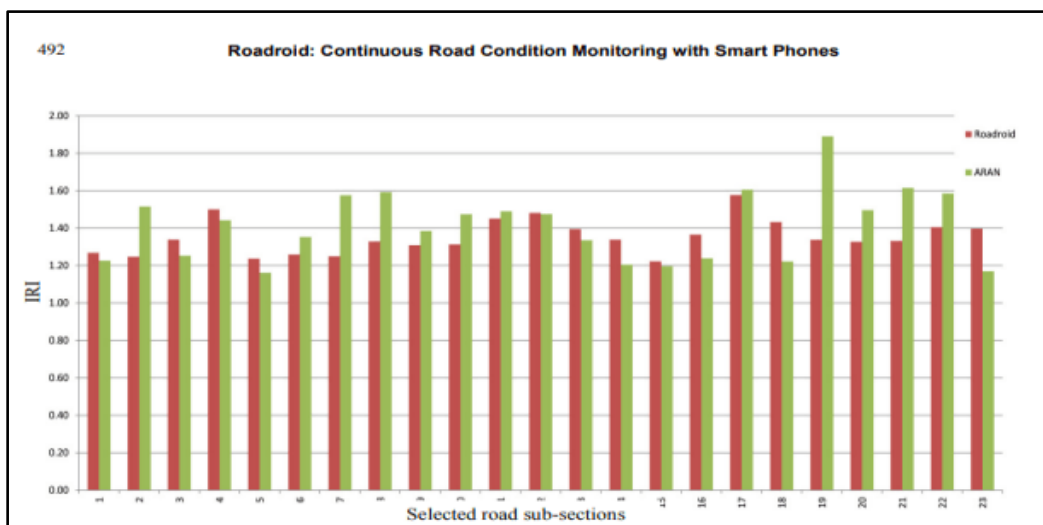
2.2.5.2 IRI Calculado, IRI Estimado y el Índice Roadroid

La determinación de la rugosidad mediante el Roadroid se realiza mediante el cIRI y el eIRI, asimismo existe una forma más de evaluación llamado Índice Roadroid

- **IRI Calculado (cIRI)**

Mediante estudios se fijó un parámetro llamado IRI calculado (cIRI), los análisis realizados mencionan la importancia de la calibración el cIRI ya que las informaciones se requieren ser recopilada a una rapidez entre los 60 a 80 km/h. Por otro lado, el IRI calculado se guía mediante el modelo de cuarto de carro y emplea un filtro de saturación, sin embargo, el equipo Roadroid es el más recomendado por brindar datos más exactos, es considerado un método de precisión clase 2.

Figura 20. Comparativa del Software Autostrade Aran y el cIRI en secciones



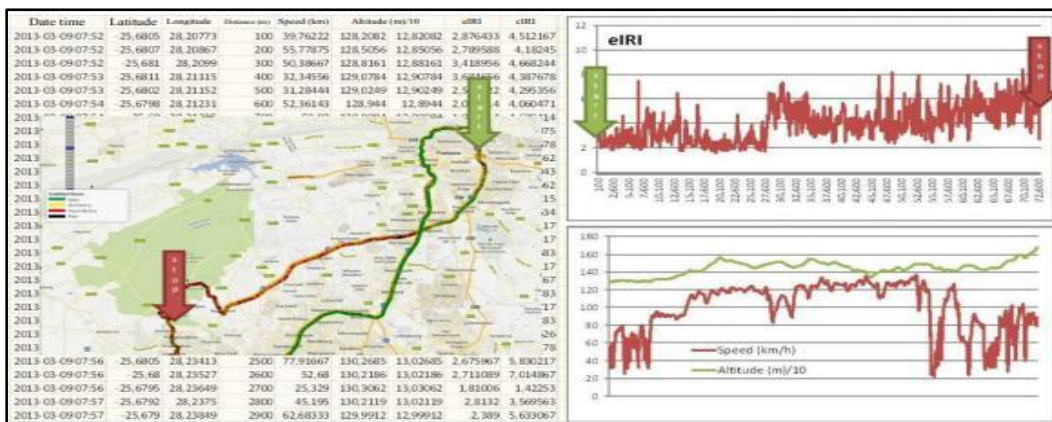
Fuente: Jones, H. & Forslof, L. (2014)

- **IRI Estimado (eIRI)**

El IRI estimado (eIRI) emplea una expresión de conversión, respaldado por el Banco Mundial, como un proceso de evaluación de clase 3, además es importante que las vibraciones de la textura de un pavimento ya que pueden afectar con el aumento de la rugosidad.

Con respecto a la expresión de correlación se analizaron investigaciones en tramos de 20 metros que se relacionaron mediante una expresión de correlación lineal adquiriendo una dispersión $R^2 = 0.5$

Figura 21. Prueba de 72km en Sudáfrica, eIRI, velocidad y altitud

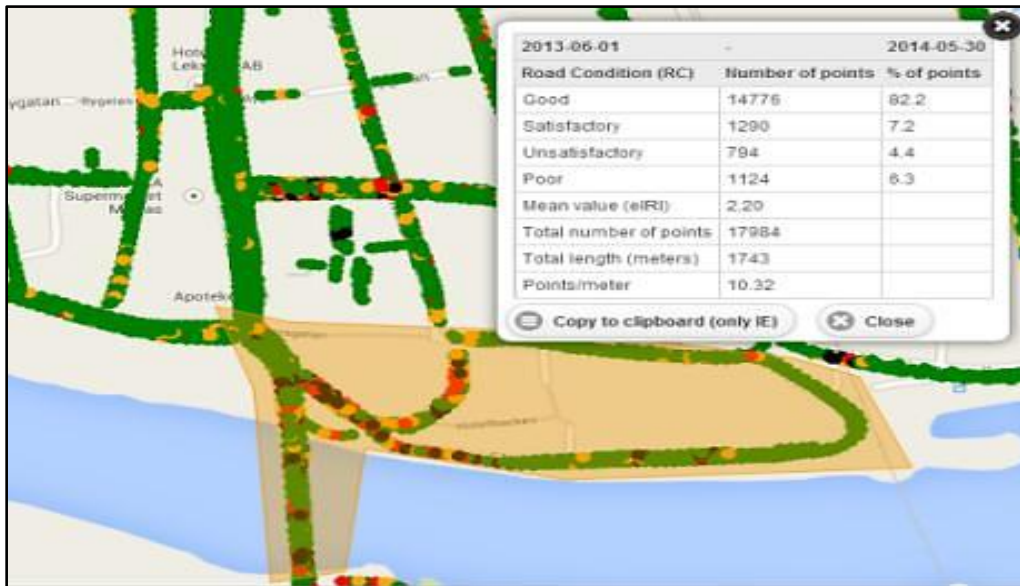


Fuente: Jones, H. & Forslof, L. (2014)

- **Índice Roadroid (RI)**

El fin de esta aplicación es adicionar datos a los mapas de redes, para así obtener información de la calidad que tiene el pavimento en tiempo real. Por tal motivo la compañía Roadroid(RI) creo su índice propio sonde analiza tramos en un área específica y lo pone en porcentajes. Un claro ejemplo es el área sombreada de color naranja que forma un polígono de la siguiente figura, donde se observa mediante porcentajes de segmento de la siguiente figura, donde se observa mediante porcentajes de segmento la condición de pavimento.

Figura 22. Índice Roadroid (IR)



Fuente: Jones Hans & Forslof Lars, 2014

2.2.6 Análisis de Regresión

La técnica de regresión constituye un conjunto de procedimientos estadísticos empleados en la estimación de las relaciones que existen entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Su aplicación permite tanto evaluar la intensidad de la asociación entre las variables como modelar posibles relaciones futuras entre ellas.

Los modelos de regresión incluyen resultados, valores P y R², puesto así proporcionar la información sobre el grado en que el modelo puede estimar de manera confiable la variable dependiente.

También utiliza gráficos como el gráfico de puntos en el análisis de regresión, la matriz de gráficos de dispersión. Analiza relaciones, el histograma y prueba hipótesis.

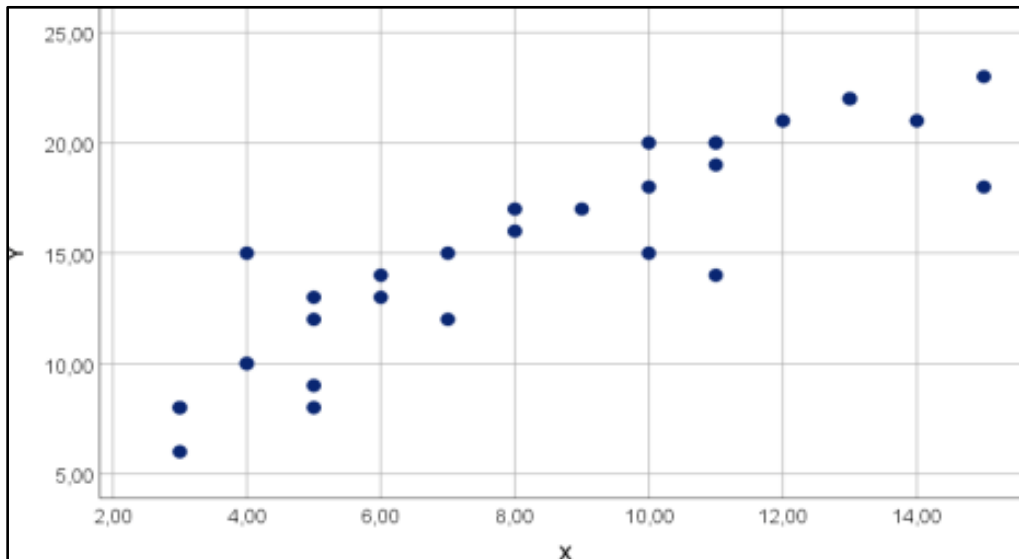
2.2.6.1 Diagrama de Dispersión

Se utiliza como una representación gráfica, asimismo describe su comportamiento general de datos de dos variables, individualmente el estado se representa así (x, y), plasmado mediante un plano dado con correspondientes valores de las variables "x" e "y".

Y: Nos indica el valor observado de otras variables.

X: Nos indica el valor observado de la variable.

Figura 23. Los puntos representan conjuntamente un diagrama de dispersión.



Fuente: Realizado por los tesisistas

Analizaremos la relación entre 2 variables, consecuentemente los datos provienen de muestras.

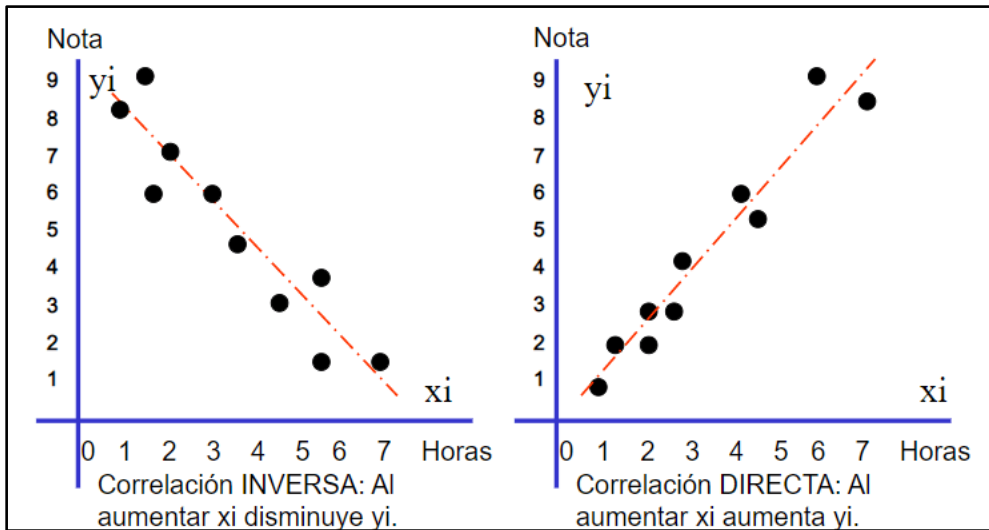
Los gráficos de dispersión se utilizan como un proceso exploratorio para formular la relación de dos variables.

La correlación es el nivel o grado de relación. Una vez clara en mente, nuestro objetivo es crear una relación entre variables a través ecuación. (Carollo, M. 2012). Todos los valores de las cambiantes complacen esta ecuación, por lo cual mencionamos que las cambiantes están correlacionadas.

Hay diversos tipos de correlaciones, correlación lineal, correlación no lineal y sin correlación.

La correlación lineal es cuando el valor de la variable (x; y) compensa la ecuación: $y = a + bx$ tiene valores aproximados.

Figura 24. Representación del tipo de correlación

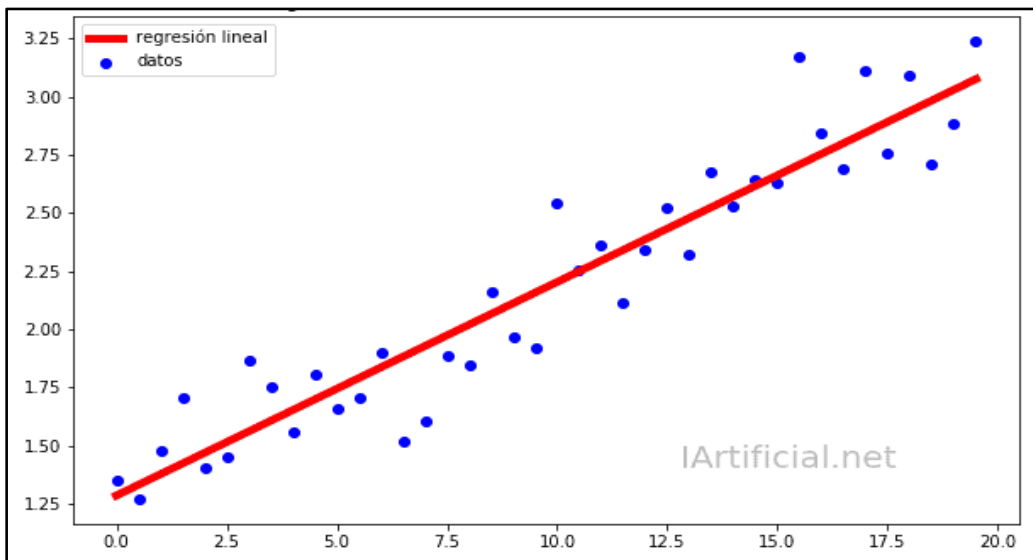


Fuente: Carollo, M. (2012)

2.2.6.1.1 Regresión lineal simple

El propósito de este es intentar aumentar la relación entre la variable dependiente (variable de respuesta) y un grupo de cambiantes independientes (variables explicativas) X_1, \dots, X_n .

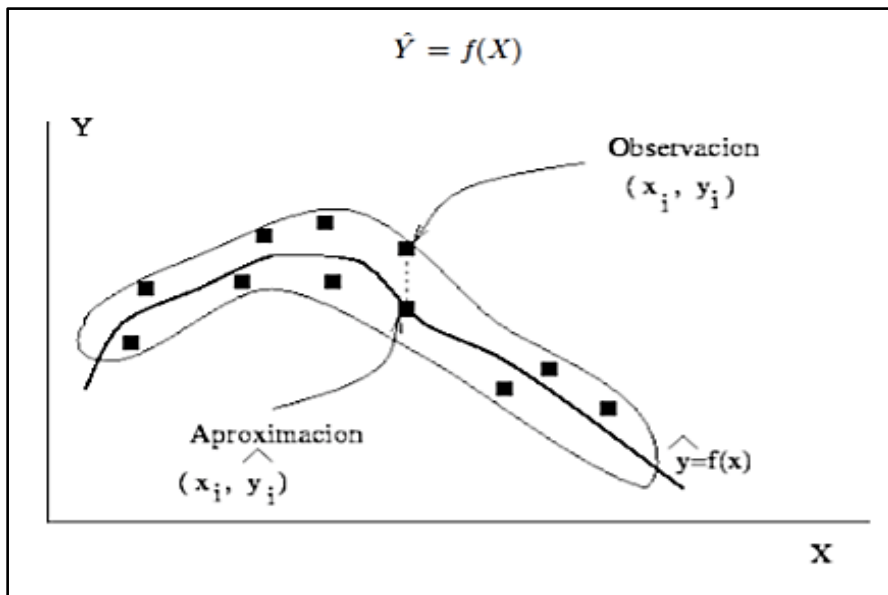
Figura 25. Gráfico de relación de relación lineal



Fuente: Carollo, M. (2012)

A través de la técnica de regresión de la variable Y a la variable X para hallar una utilidad que nos proporcione una muy buena proximidad de la nube de puntos (x, y).

Figura 26. Gráfico de curva de diagrama de dispersión



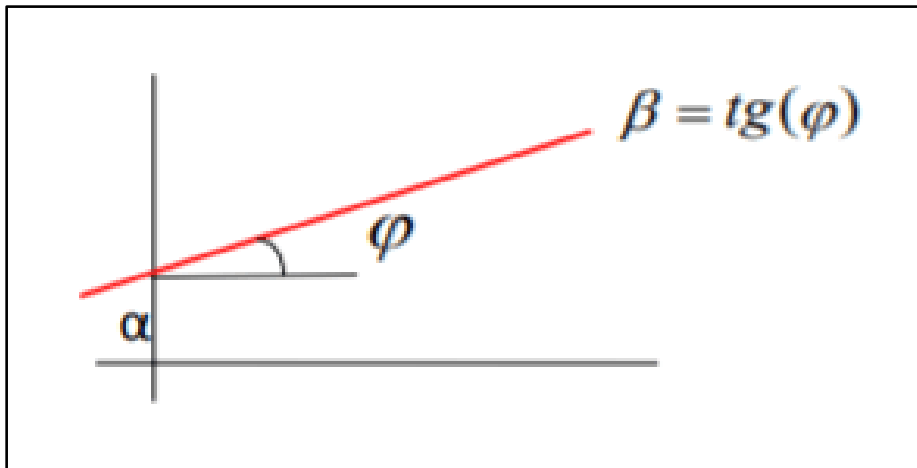
Fuente: Carollo, M. (2012)

La expresión del modelo de regresión lineal-simple es la siguiente:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon,$$

Donde α representa la ordenada del origen (asimismo el valor de Y cuando X es igual a 0), β es la pendiente de la línea (β nos dice cómo cambia Y cuando X cambia en una unidad) y ε representa una variable, incluida un conjunto de factores, entre ellos Cada uno de ellos solo afecta en pequeña medida la respuesta, lo que llamamos error. X e Y son variables alternadas, puesto que no puede consolidar una relación lineal precisa entre ellas.

Figura 27. Gráfico de la recta pendiente de regresión lineal



Fuente: Carollo, M. (2012)

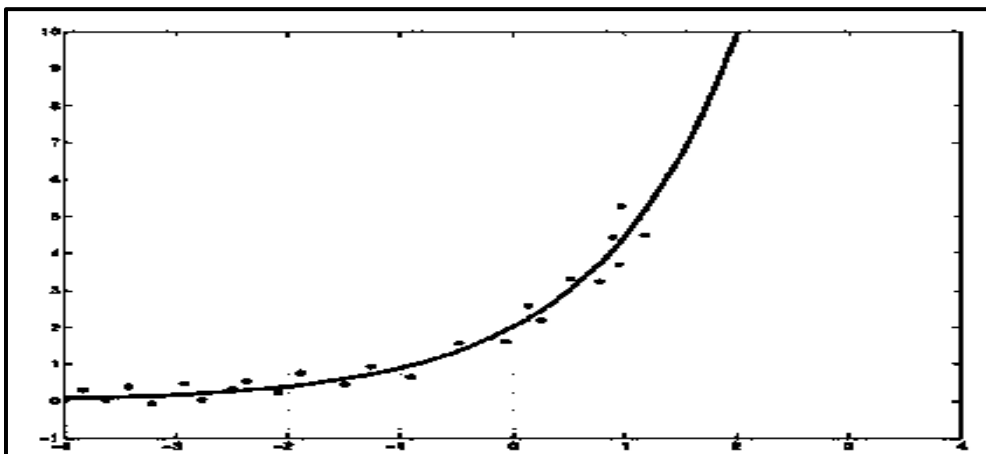
2.2.6.1.2 Regresión No Lineal

Hay conjuntos de datos de los cuales el modelo de regresión lineal no es el que se ajusta mejor a ellos, sin embargo. Se puede evitar usar la metodología de mínimos cuadrados, ajustando el modelo actual a uno lineal. En ellos tenemos diferentes tipos de regresión:

- **Modelo exponencial**

Existe cuando yo tengo un conjunto de datos y estos están aumentando rápidamente su valor.

Figura 28. Representación gráfica de un Modelo Exponencial

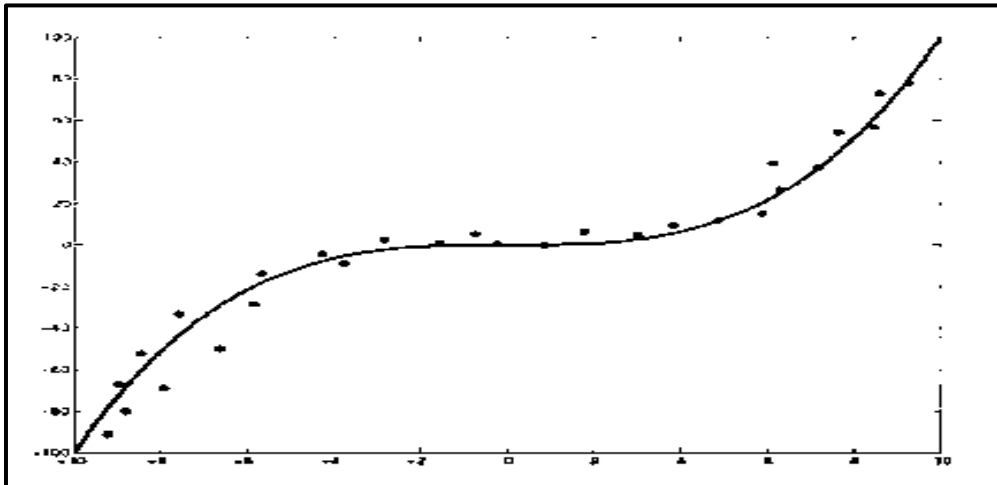


Fuente: Solis, R. (2021)

- **Modelo de potencias o polinomial**

Este quiere decir que los datos no siguen una línea recta sino un polinomio cubico, polinomio cuadrático, etc.

Figura 29. Representación Gráfica de un Modelo Polinomial

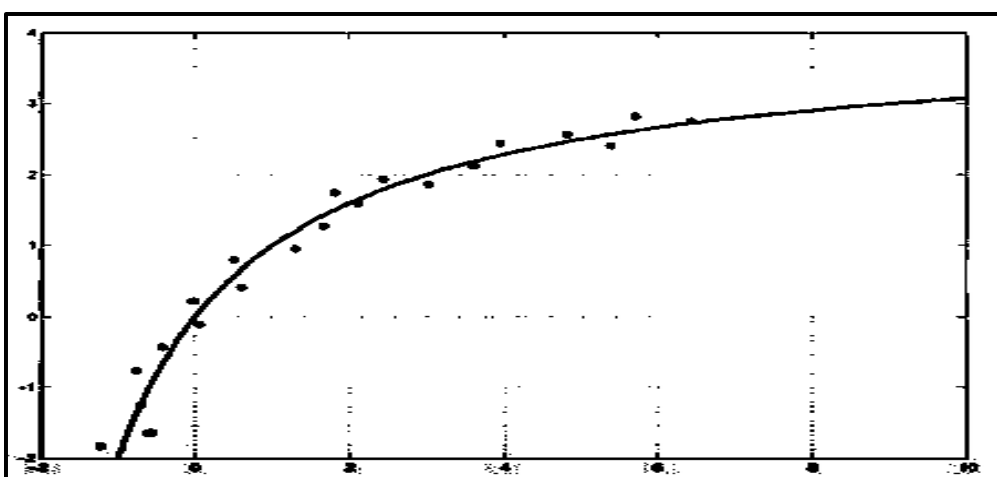


Fuente: Solis, R. (2021)

- **Modelo de crecimiento**

Finalmente este modelo crece, sin embargo, no crece de forma exponencial o polinómica, sino que tiene un periodo de crecimiento y después en un cierto valor se logra estabilizar.

Figura 30. Representación gráfica de un modelo crecimiento



Fuente: Solis, R. (2021)

Tabla 12. Regresión No Lineal con sus nociones respectivamente

Ecuación	Transformación lineal
$Y = AB^X$	$\log Y = \log A + (\log B)X$
$Y = AX^B$	$\log Y = \log A + B \log X$
$Y = 1/(A + BX)$	$1/Y = A + BX$

Fuente: Solis, R. (2021)

2.2.6.2 El Coeficiente de Correlación lineal

El coeficiente de correlación lineal se identifica como un valor obtenido de un conjunto determinado de datos, utilizado para medir la intensidad del vínculo lineal existente entre dos variables, señaladas como x e y. La polaridad de este coeficiente señala la dirección de la conexión lineal entre los factores x e y. En situaciones donde el coeficiente de correlación (ρ) se aproxima a 1 o -1, se infiere una relación lineal fuerte; mientras que cuando el coeficiente se aproxima a 0, la relación lineal se considera débil.

$$\rho = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

ρ =coeficiente de correlación

s=covarianza

S(denominador)=desviación estándar

X: variable

Y=variable

2.2.6.3 Covarianza

Se configura como un indicador descriptivo que facilita el discernimiento del tipo de conexión lineal entre dos variables, derivándose de una ecuación específica.

$$Cov(x, y) = \frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

Si es 0, no se presenta ninguna asociación entre las variables.

Si es negativa, existe una relación inversa entre las variables, lo cual sugiere que un incremento en "X" conlleva una reducción en "Y", y al contrario.

Si es positiva, hay una correlación directa entre las variables, indicando que un aumento en el valor de "X" implica un incremento en el valor de "Y", y viceversa.

2.3 Definición de Términos Básicos

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o en inglés (American Association of State Highway and Transportation Officials)

ASTM: Organización internacional que formula y publica estándares y acuerdos técnicos. O en inglés (American Society for Testing and Materials)

Índices de la Evaluación Superficial: Comprende tres tipos de indicadores o índices que nos indican el estado del pavimento entre ellos se encuentra el IRI, PSI y PCI

IMDA: El Índice Anual Promedio Diario (IMDA) es una estimación de la cantidad de tráfico de vehículos en un determinado segmento de la red de carreteras en un año.

PSI: Índice de Serviciabilidad del Pavimento. Definido como el indicador que mide el estado de serviciabilidad y transitabilidad que tiene un pavimento para proveer a los usuarios un manejo confortable y seguro.

IRI: Índice de Rugosidad Internacional. Es el indicador principal para calcular y verificar la rugosidad requerida de la superficie de la carretera.

PCI: Índice de Condición del Pavimento. Es un método para verificar de manera visual el estado actual de la superficie de una carretera. Debido a su naturaleza altamente detallada, generalmente solo se usa para investigación y rara vez para vigilancia vial.

Fallas del pavimento: Son depresiones en la capa asfáltica que se producen por el desgaste y tránsito vehicular.

Nivel de Severidad: Evalúa la calidad de la degradación vial, dividida en baja, media y alta.

Serviciabilidad: Es el estado de confort que brinda el pavimento al usuario.

Modelo de Regresión: Determina si existe una relación entre la variable dependiente (Y) y un conjunto de variables (X). También determina el efecto sobre la variable Y cuando cambia la variable explicativa (X).

Coefficiente de Correlación: Estudia hasta qué punto llega una relación entre variables

Roadroid: Una aplicación para teléfonos inteligentes diseñada para calcular la

rugosidad con precisión y facilidad.

IRI Estimado: Catalogado como el tercer tipo de método de análisis por el Banco Mundial, es recomendable mantener una velocidad aproximada entre 20 a 80 km / h para el análisis.

IRI Calculado: Se considera un método de tipo 2. es recomendable mantener una velocidad aproximada entre 60 a 80 km / h para el análisis.

2.4. Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Analizando la relación de Los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento se deberá obtener un Modelo de Regresión directo y perfecto en la Avenida Universitaria.

2.4.2 Hipótesis Específicas

El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.

El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.

El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Método de la Investigación. -Tiene un método deductivo – analítico debido a la aplicación de conceptos teóricos según diferentes normas. **Enfoque de la Investigación.**-Es un método cuantitativo porque estamos tratando de encontrar la relación entre los indicadores para poder representarla mediante un modelo de regresión. **Tipo de Investigación**- Es de tipo aplicada, porque genera conocimiento al correlacionar indicadores de evaluación de superficie. **Nivel de la Investigación.** - Es de nivel correlacional ya que busca relacionar 3 indicadores o índices importantes para evaluar las superficies de las carreteras. **Diseño de Investigación.** -Nuestro estudio es no-experimental debido que utiliza estudios prácticos en el desarrollo de este campo. Finalmente, para PSI se utiliza la fórmula aprobada por ASHTOO. **Población.** - Delimitado por el pavimento flexible en la Avenida Universitaria. El tramo a estudiar abarca el distrito de San Martín de Porres y Los Olivos. **Muestra.** -Para el **Índice de Condición del Pavimento (PCI)**.-Las muestras a tomar en la Avenida Universitaria, son 232 muestras (tramos), cada una de 100m individualmente. Para el **Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**.-Las muestras en la Avenida Universitaria son de 11 km de ida y 11 km vuelta, 232 muestras (tramos). **Operacionalización de variables:** **Variable Independiente** (Índices De Evaluación Superficial) y **Variable Dependiente** (Modelo De Regresión). **Técnicas,** tenemos: Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el Aplicativo Roadroid.- se accede a la aplicación, debes registrarte y enviar una solicitud de cuenta nueva gratuita para fines investigativos al correo electrónico. Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) mediante la norma ASTM D6433 – 11- Se usará una cámara GoPro que grabará el recorrido en el pavimento flexible. Cálculo del Índice de Serviciabilidad (PSI) mediante la fórmula de ASHTOO.- Para determinar el índice de serviciabilidad se reemplaza el IRI hallado en la fórmula de ASSHTO: $PSI = 5 \times e^{-0.24IRI}$. **Herramientas, Instrumentos y Materiales:** tenemos: Herramientas: Automóvil Renault Sandero Stepway 4x2, Aplicación Sueca Roadroid Versión 2.4.6, Cámara GoPro Hero 5, Medidor de Distancia Laser LomVum Láser LV66U, Laptop Lenovo Z50 – 70, Cámara Semiprofesional Sony CyberShot DSC H300 Materiales: Cuaderno de apuntes e Instrumentos: Microsoft Word 2018, Microsoft Excel 2013 y Microsoft Project 2013.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

Respecto a la determinación de los Índices de Evaluación Superficial en la Avenida Universitaria, mediante la aplicación Roadroid (IRI), Ecuación de AASHTO (PSI), y una inspección visual usando una GoPro (PCI).

4.1 Procedimiento para el Cálculo del IRI

Para la determinación del IRI se requiere el uso de un vehículo que transite a una velocidad entre 20 km/h - 80 km/h en ambas calzadas para la obtención de datos verídicos. La toma de datos se realizó el sábado 02 de octubre desde las 3:00 am con la finalidad de evitar el tráfico vehicular, circulando por la avenida Universitaria desde la Progresiva 0 + 000.00 hasta finalizar en la Progresiva 11 + 600.00.

1. Nos ubicamos en el primer punto, la intersección de la Avenida Amezaga con la Avenida Universitaria (Progresiva 0 + 000.00).

Referencia: Punto A (Anexo 242)

Figura 31. Intersección Avenida Amezaga con Avenida Universitaria Punto Inicial



Fuente: Realizado por los tesisistas

2. Mediante un sujetador se coloca de manera fija y horizontal el teléfono inteligente Huawei Y9S.

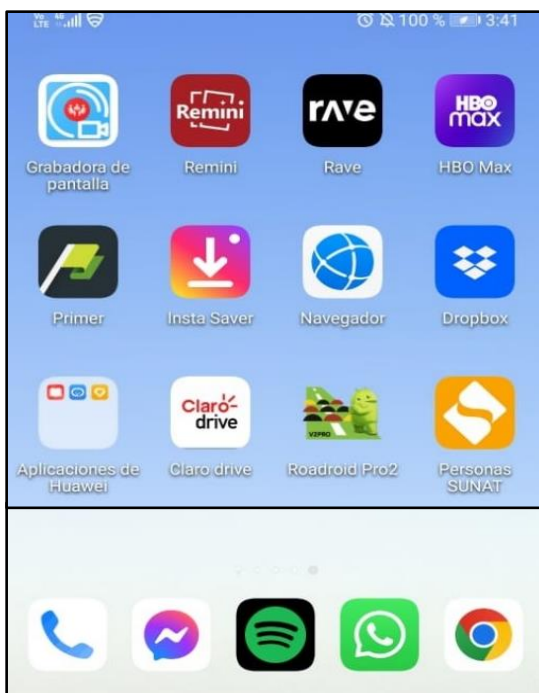
Figura 32. Teléfono inteligente Huawei Y9S con sujetador



Fuente: Realizado por los testistas.

3. Se procede a activar el internet y GPS con fines de mejorar la estabilidad de los resultados. Se inicia la aplicación Roadroid

Figura 33. Inicio de Aplicación Roadroid

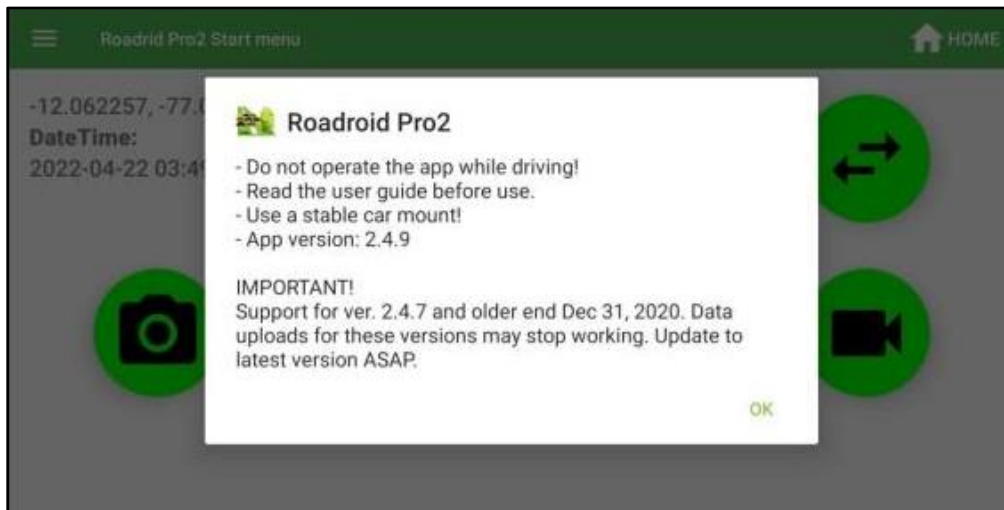


Fuente: Realizado por los testistas

4. En la pantalla de bienvenida la aplicación Roadroid nos brinda algunas indicaciones.

- No manipular la aplicación mientras se está conduciendo
- Leer la guía antes de usar el software
- Usar un soporte fijo en el vehículo

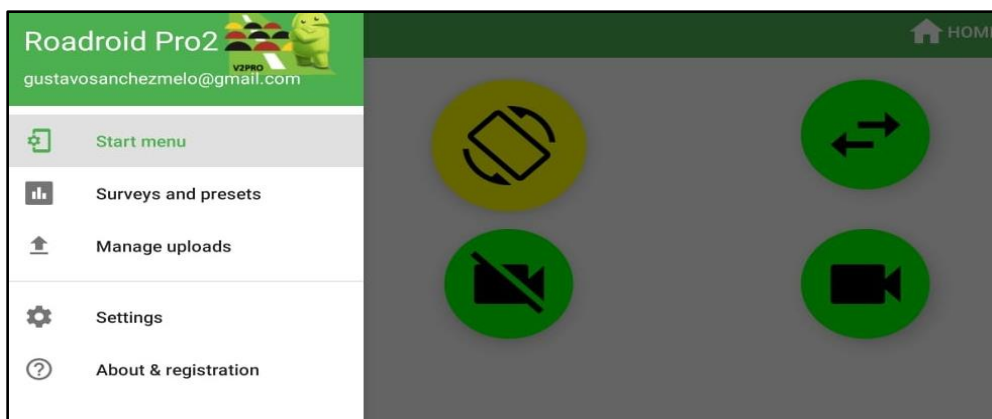
Figura 34. Bienvenida de Roadroid



Fuente: Realizado por los tesisistas.

5. En la opción "Settings" se configura el tipo de vehículo donde se realizará la evaluación del pavimento y la cantidad de fotos a realizar en cada cierto tramo.

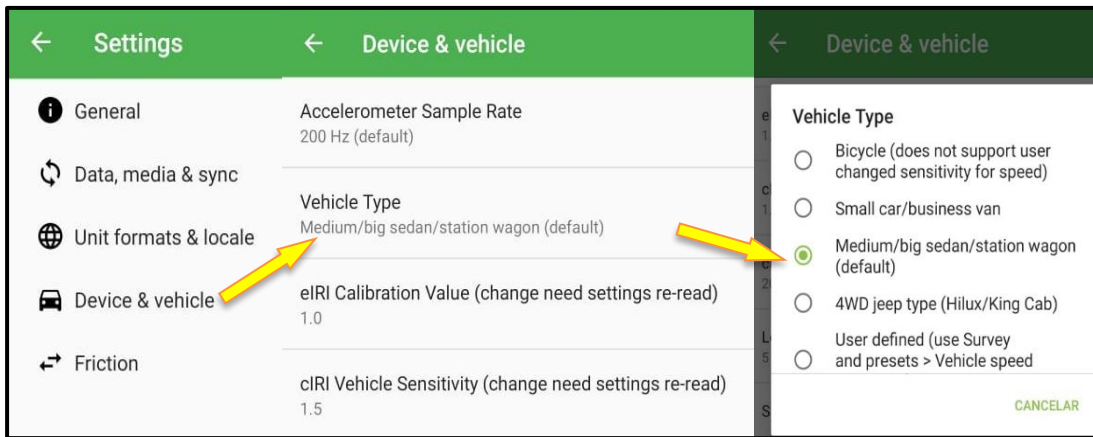
Figura 35. Opción Settings de la aplicación Roadroid



Fuente: Realizado por los tesisistas.

6. Configuramos el tipo de vehículo a usar, en este caso se encasilla en la opción de vehículo mediano como se observa en la figura 42.

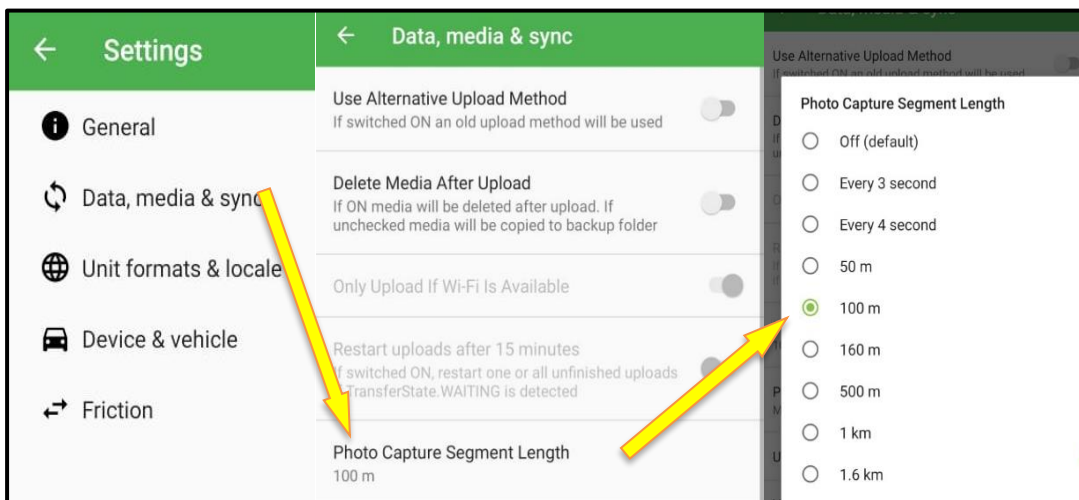
Figura 36. Opción del vehículo a usar



Fuente: Realizado por los testistas.

7. Configuramos la distancia de la cual se tomará los tramos y las fotos en todo el recorrido realizado. Usaremos la opción de cada 100 metros para obtener el registro de cada tramo en esa medida, como podemos observar en la figura 43

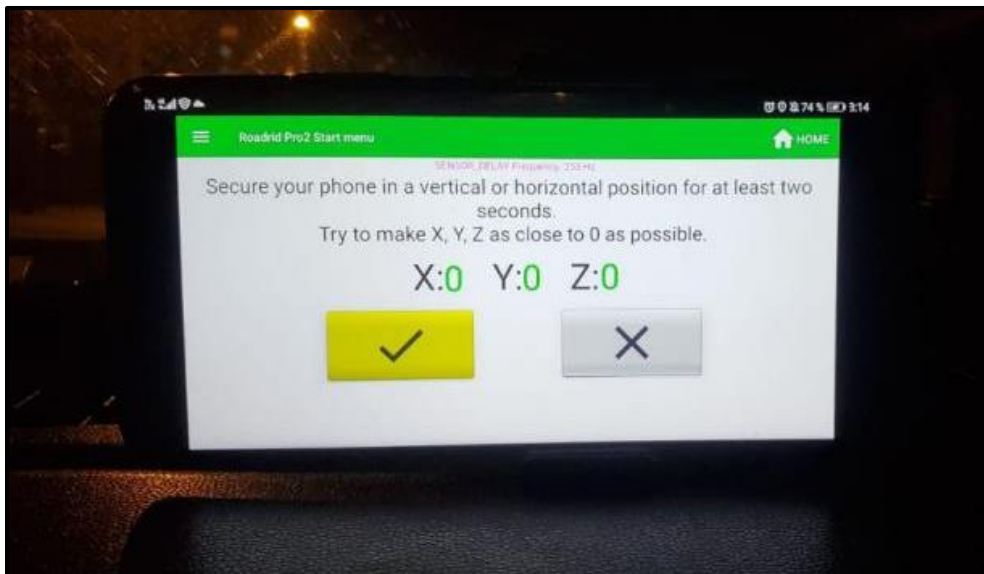
Figura 37. Configuración para foto captura de tramos



Fuente: Realizado por los testistas.

8. Se procede a realizar la calibración del equipo móvil. Mantener los valores X, Y, Z más cercanos al valor 0 con la finalidad de efectuar resultados confiables y verídicos.

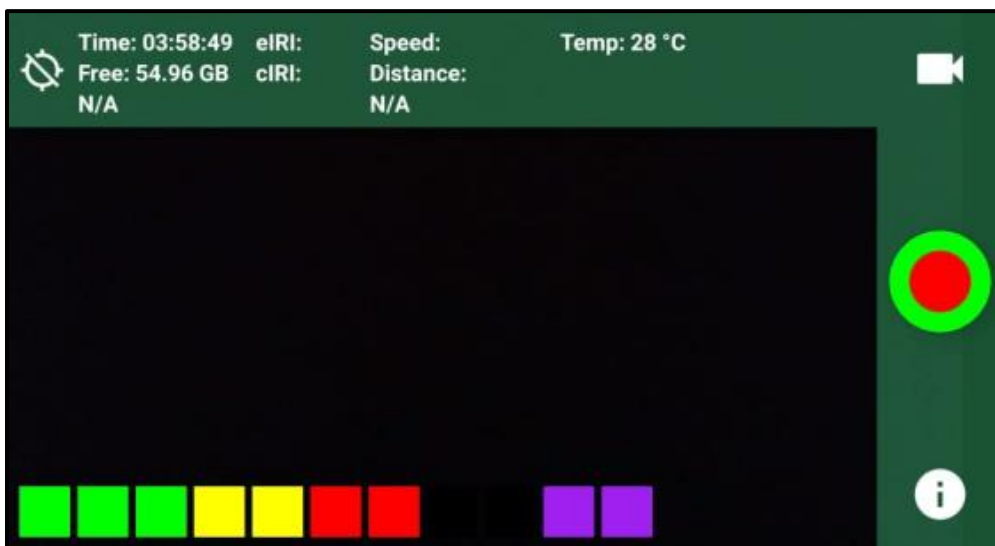
Figura 38. Calibración en 3 ejes



Fuente: Realizado por los tesisistas.

9. Para la evaluación del pavimento se tiene 2 opciones para efectuar la acción la cual puede ser mediante la toma fotos o grabación del recorrido, el primero que nos solicita la aplicación es nombrar el archivo que se va a generar, asimismo se aprecia la velocidad, temperatura, distancia y latitud.

Figura 39. Plataforma de Evaluación



Fuente: Realizado por los tesisistas

10. Se procede a evaluar el primer trayecto de ida culminando en la intersección de la Avenida Universitaria con El Trébol de Los Olivos (Progresiva 11 + 600).

Referencia: Punto B (Anexo 242)

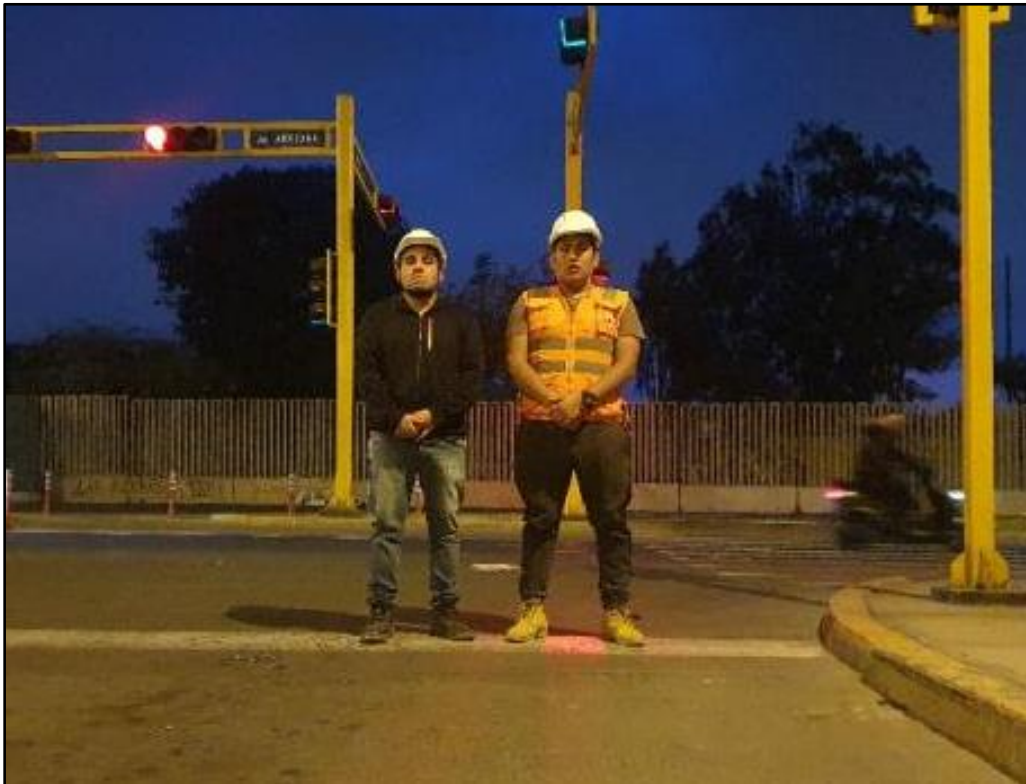
Figura 40. Intersección de la Avenida Universitaria con El Trébol de Los Olivos



Fuente: Realizado por los tesisistas.

11. Nos ubicamos en el Punto C (Anexo 242) para iniciar la recopilación de datos del segundo trayecto y repetimos del paso 3 al paso 1 anteriormente descritos.
12. Finalmente culminamos en la Avenida Universitaria con Avenida Amezaga, en el Punto D (Anexo 242) Presionamos el botón rojo (STOP) e inmediatamente se guardan los datos en el dispositivo.

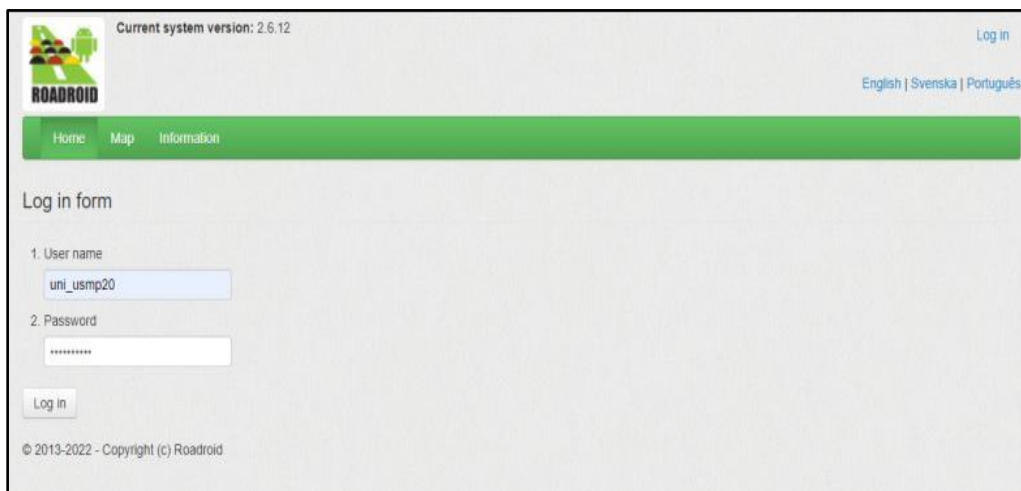
**Figura 41. Intersección Avenida Amezaga con Avenida Universitaria
Punto Final**



Fuente: Realizado por los tesistas.

13. Debemos esperar aproximadamente 1 a 2 horas para que los archivos, fotos y videos se puedan subir a la plataforma de Roadroid. Una vez pasado ese tiempo podemos ingresar con nuestra cuenta estudiantil a la página oficial www.roadroid.com y acceder a toda la data.

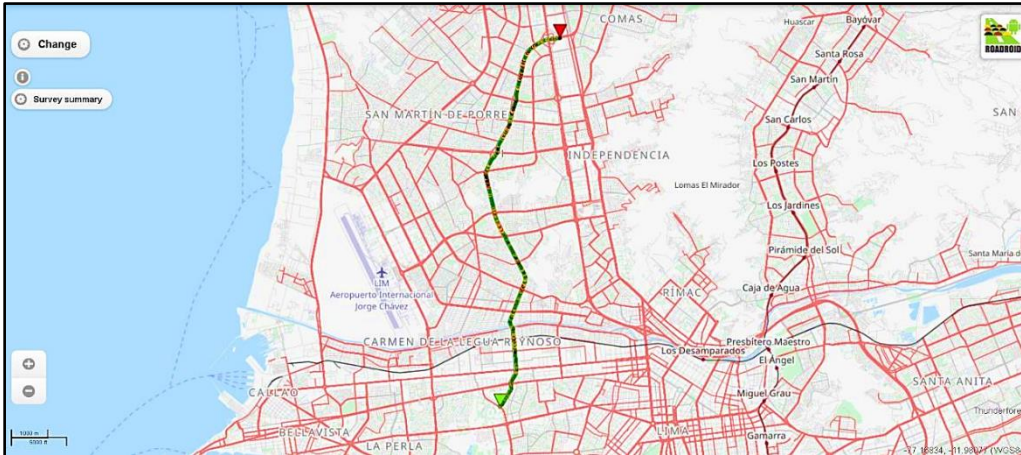
Figura 42. Web oficial de Roadroid



Fuente: Realizado por los tesistas.

14. En la plataforma de Roadroid se puede observar el recorrido realizado separado por tramos, clasificado según su estado y rugosidad del pavimento mediante colores.

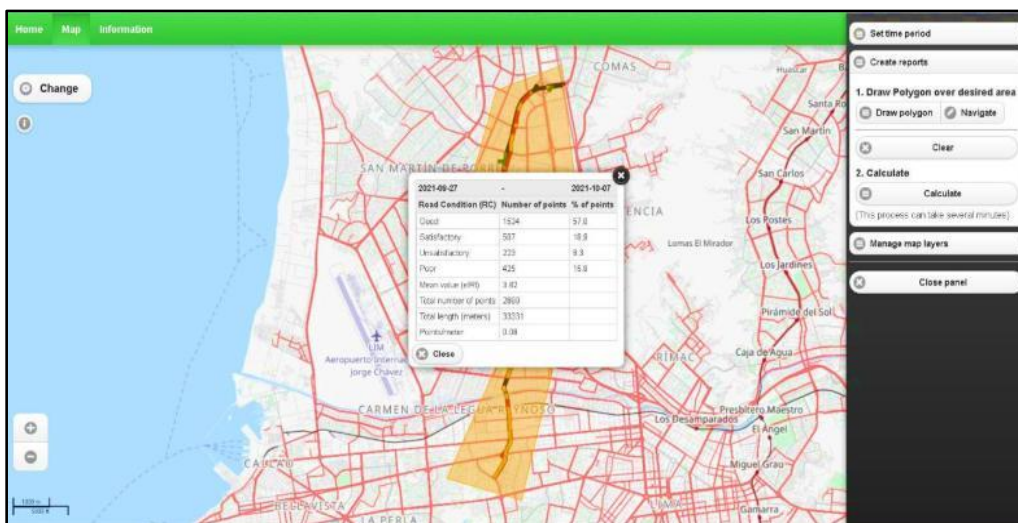
Figura 43. Mapa de condición del tramo evaluado



Fuente: Realizado por los testistas.

15. En la plataforma se efectúa el IRI promedio en base a un polígono encerrado.

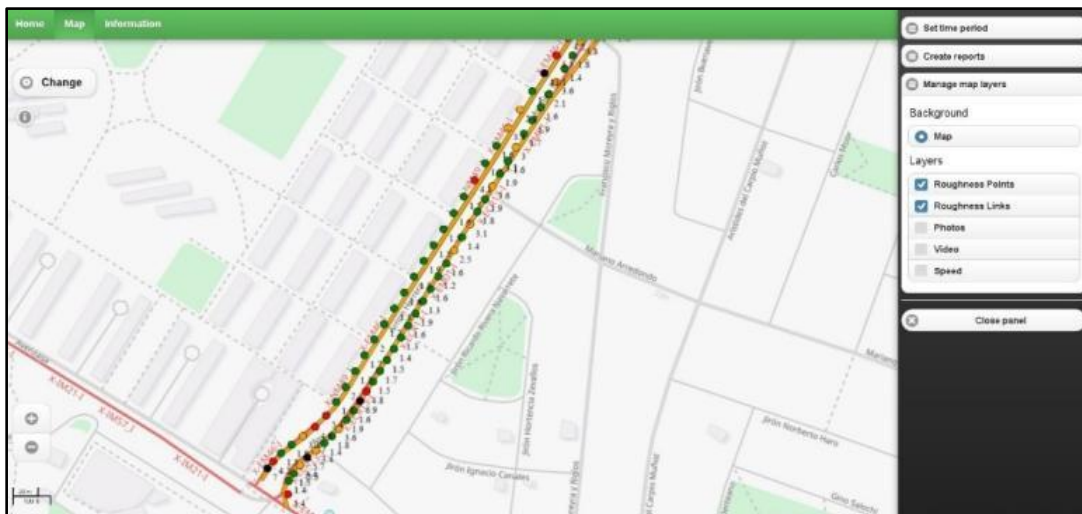
Figura 44. IRI de polígono encerrado



Fuente: Realizado por los testistas.

16. En el Roadroid podemos visualizar fotos, videos y los puntos de rugosidad independientemente con su condición.

Figura 45. Puntos de Rugosidad Evaluados



Fuente: Realizado por los tesisistas.

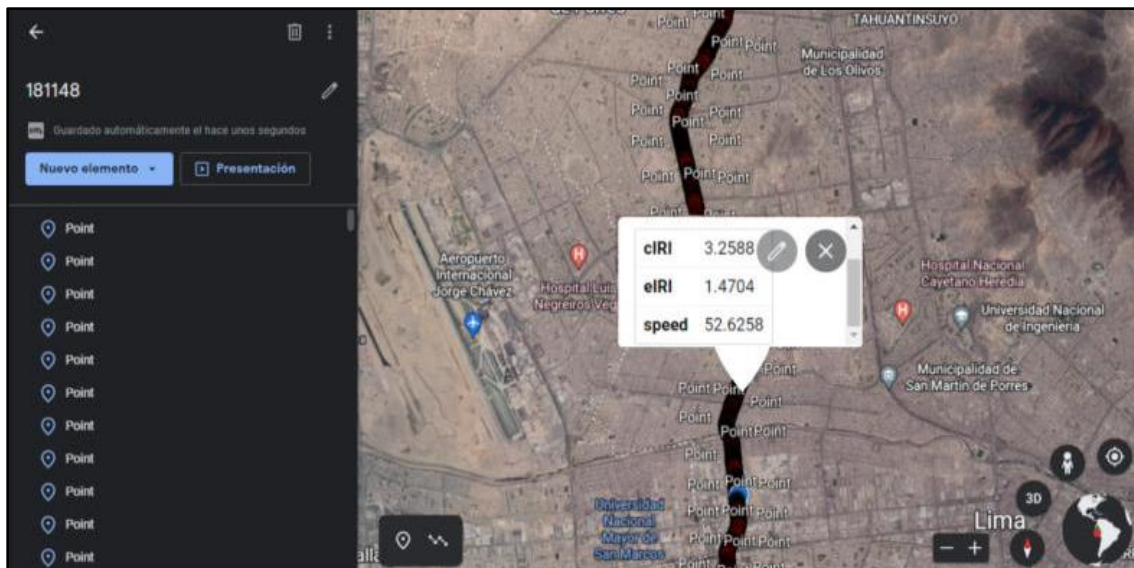
Figura 46. Opción de fotos cada 100 metros



Fuente: Realizado por los tesisistas.

17. Se generan archivos del IRI en formatos de extensión KML para poder visualizarlos mediante Google Earth. Asimismo, nos brinda y detalla el IRI calculado (cIRI), IRI estimado (eIRI) y la velocidad de cada punto.

Figura 47. Archivo KML del recorrido en Google Earth



Fuente: Realizado por los tesisistas.

18. Desde la plataforma se puede exportar los tramos en formato “TXT” en diferentes longitudes (5-10-20-50-100-160-200 m). Está clasificado por fecha, hora, longitud, latitud, distancia, velocidad, altitud, grado, IRI estimado y el IRI calculado

Tabla 13. Datos de Roadroid en formato “.TXT”

FECHA Y TIEMPO	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/h)	ALTITUD (m)	GRADO (%)	eIRI	cIRI
02/10/2021 03:53	-12,055,865	-77,080,888	100	28.88	95.34	0	3.84	1.59
02/10/2021 03:53	-12,055,228,934,552		-770,803,871,942,688	200	38.09	94	-1.33	3.33
02/10/2021 03:54	-120,543,249,764,802		-770,798,105,017,136	300	44.12	94.26	0.26	2.83
02/10/2021 03:54	-120,535,560,605,058		-770,793,416,186,284	400	45.65	96.31	2.05	3.16
02/10/2021 03:54	-120,529,426,230,918		-77,078,965,898,047	500	46.01	99.01	2.7	3.50
02/10/2021 03:54	-120,521,321,249,045		-770,784,621,429,792	600	41.57	102.08	3.07	2.73
02/10/2021 03:54	-12,051,282,480,532		-770,780,749,632,051	700	44.46	106.28	4.21	3.56
02/10/2021 03:54	-120,503,802,446,222		-770,779,948,318,009	800	33.27	111.27	4.99	4.64
02/10/2021 03:54	-120,494,626,946,493		-770,779,481,852,398	900	51.51	112.04	0.77	3.32
02/10/2021 03:55	-120,485,451,505,581		-770,774,697,120,414	1000	55.78	110.23	-1.82	3.19
02/10/2021 03:55	-120,478,672,372,526		-77,077,069,261,814	1100	52.86	109.67	-0.56	3.08
02/10/2021 03:55	-120,470,240,827,968		-770,767,904,390,621	1200	33.15	109.57	-0.1	4.55
02/10/2021 03:55	-120,461,980,873,212		-770,766,885,673,804	1300	45.64	111.49	1.92	3.04
02/10/2021 03:55	-120,451,767,891,107		-770,767,595,520,791	1400	52.37	112.4	0.9	3.98
02/10/2021 03:55	-120,442,386,829,103		-770,768,366,397,761	1500	53.45	112.54	0.15	3.70
02/10/2021 03:55	-120,435,312,724,467		-770,769,003,939,628	1600	53.18	112.35	-0.19	2.67
02/10/2021 03:55	-120,425,658,186,142		-770,769,850,546,504	1700	46.43	111.02	-1.33	4.12
02/10/2021 03:56	-120,416,316,861,666		-770,770,619,736,401	1800	53.3	108.94	-2.07	4.52
02/10/2021 03:56	-120,405,938,270,506		-770,771,586,304,917	1900	57.35	107.07	-1.88	3.37
02/10/2021 03:56	-120,397,657,014,495		-770,772,385,674,903	2000	51.65	105.84	-1.23	3.47
02/10/2021 03:56	-120,388,925,404,609		-770,773,327,962,302	2100	35.27	104.9	-0.93	4.54
02/10/2021 03:56	-120,379,784,043,626		-77,077,430,603,362	2200	47.75	103.23	-1.67	4.27
02/10/2021 03:56	-120,371,975,975,848		-770,775,039,880,151	2300	45.33	102.38	-0.85	3.48
02/10/2021 03:56	-12,036,308,247,369		-770,775,685,898,741	2400	30.04	101.62	-0.76	3.67
02/10/2021 03:57	-120,354,853,585,613		-770,778,436,221,409	2500	46.35	101.47	-0.16	3.45
02/10/2021 03:57	-120,346,036,852,337		-770,783,068,917,499	2600	48.19	100.32	-1.15	3.71
02/10/2021 03:57	-120,338,254,890,788		-770,782,814,096,881	2700	56.53	99.07	-1.25	3.55
02/10/2021 03:57	-120,330,162,870,912		-770,779,717,148,365	2800	56.33	98.51	-0.56	4.16
02/10/2021 03:57	-120,319,923,465,819		-770,775,724,343,187	2900	48.36	100.06	1.55	7.75
02/10/2021 03:57	-120,312,052,909,523		-770,772,862,322,734	3000	52.08	99.7	-0.36	3.58

Fuente: Realizado por los tesisistas.

4.2 Procedimiento para el Cálculo del PCI

Para determinar el PCI se requiere el uso de un vehículo con una cámara la cual nos brindará un panorama visual del estado de vía para poder identificar qué tipos de fallas presenta. Se inició desde la intersección de la avenida Amezaga con la avenida Universitaria (Progresiva 0 + 000.00) hasta la intersección de la Avenida Universitaria con la Panamericana Norte (Progresiva 11 + 600) de la red vial para la ida y vuelta dando un total de 23,200.00 metros (23.2 km). La toma de datos se realizó el domingo 03 de octubre desde las 3:00 am con la finalidad de evitar el tráfico vehicular

Se realizó el siguiente procedimiento:

Nos ubicamos en el primer punto, la intersección de la Avenida Amezaga con la Avenida Universitaria (Progresiva 0 + 000.00) .Figura 37

Referencia: Punto A (Anexo 242)

1. Iniciamos midiendo el ancho de la calzada del punto inicial con el medidor de distancia laser. Se obtuvo un ancho de 10.243 m para la calzada con 3 carriles de 3.41m.

Figura 48. Medición al ancho de calzada



Fuente: Realizado por los tesisistas.

2. Instalamos la cámara GoPro fijamente en la parte delantera del vehículo para obtener el registro de la grabación de video en alta calidad de todo el recorrido.

Figura 49. Instalación de Cámara GoPro



Fuente: Realizado por los tesisistas.

3. Culminada la grabación del recorrido en el punto final, referencia Punto D (Anexo 242) se procede a revisar el material e identificar las fallas más graves encontradas, para posteriormente obtener su ubicación y sus dimensiones.











Figura 50. Medición de fallas



Fuente: Realizado por los tesisistas

4. Se visualizó el video de todo el recorrido (ida y vuelta), divididos en tramos de cada 100 m (Roadroid) con la finalidad de identificar los 19 tipos de fallas según un formato presentado en la Tabla 15 con la finalidad de realizar 232 cálculos. Efectuaremos el cálculo para un solo tramo, los demás se podrán visualizar en los anexos correspondientes.

Tabla 14. Formato de Evaluación de Pavimentos Asfálticos mediante el método PCI

EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS MEDIANTE EL METODO PCI						 USMP <small>UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES</small>				
PROYECTO:		Av. Universitaria		DEL:	11+ 700.00	AL:	11+ 800.00			
ECHA:				CODIGO:	TRAMO - 119					
RESPONSABLES:				SECCION:	300.00 m2					
NORMA D6433-11			INFORMACION DEL PAVIMENTO							
MAXIMO =	315.00 m2		LONGITUD DE LA VIA:	23200.00 m		LONGITUD DE MUESTRA	100.00 m			
MINIMO =	135.00 m2		ANCHO DE LA CALZADA:	3.00 m		NUMERO TOTAL DE LAS MUESTRAS (N)	232			
DESVIACION ESTANDAR (Inciso 7.5.2) (s) =	10		$n = \frac{N \times s^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + s^2}$	15		15 es el numero minimo de muestra a evaluar				
ERROR ACEPTABLE (Inciso 7.5.2) (e) =	5%									
Unidades de Muestreo (Inciso 7.5.3) (i) =	15.00									
N°	TIPO DE FALLA		COD	UND	N°	TIPO DE FALLA		COD	UND	
1	Piel de Cocodrilo		PC	m2	11	Parcheo		PAR	m2	
2	Exudación		EX	m2	12	Pulimentos de Agregados		PUA	m2	
3	Agrietamiento en Bloque		AB	m2	13	Huecos		HUE	n°	
4	Abultamiento y Hundimientos		AH	m2	14	Cruce de vía Férrea		CVF	m2	
5	Corrugación		COD	m2	15	Ahuellamiento		AHU	m2	
6	Depresión		DEP	m2	16	Desplazamiento		DESP	m2	
7	Grieta de Borde		GB	m	17	Grietas Parabólica		GP	m2	
8	Grieta de Reflexión de junta		GRJ	m	18	Hinchamiento		HIN	m2	
9	Desnivel carril/berma		DCB	m	19	Desprendimiento de Agregados		DEAG	m2	
10	Grietas Longitudinales y Transversales		GLT	m						
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES										
RANGO	CLASIFICACIÓN	COLORES	1		6					
100 - 85	EXCELENTE		Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad	Cantidad	Severidad
85 - 70	MUY BUENO		4	L	1	L				
70 - 55	BUENO									
55 - 40	REGULAR									
40 - 25	MALO									
25 - 10	MUY MALO									
10 - 0	FALLADO									
TOTAL:	BAJA (L)		4		1					
	MEDIO (M)									
	ALTA (H)									
CALCULO DEL PCI										
TIPO DE FALLA	DENSIDAD		SEVERIDAD		VALOR DEDUCIDO					
1	8.33%		L		7					
6	2.67%		L		2					
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN					9					
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	7	2					9	1	20	
2	2	2					4	0	5	
3							0	0		
4							0	0		
5										
6										
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO MAXIMO									20	
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)									80	
CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTO:									MUY BUENO 	

Fuente: Coral González & León Acosta (2020)

5. Completaremos la información de nuestro tramo a evaluar según los estándares expuestos en la norma ASTM D6433-11 como se aprecia en la Tabla 14.

Para cumplir con el área de la sección transversal a evaluar, debe estar entre 135 m² y 315 m².

En la Sección 7.5.2 del manual ASTM D6433-11 se menciona que la desviación estándar (s) es igual a 10 y el error aceptable (e) es igual al 5% para pavimentos flexibles.

Se calcula mediante una fórmula el número mínimo de muestras “n”.

En la Sección 7.5.3 del manual ASTM D6433-11 se menciona que las unidades de muestreo (i) se calculan mediante la división del número total de muestras (N) entre el número mínimo de muestras (n).

Tabla 15. Criterios para la evaluación de pavimentos flexibles

NORMA D6433-11		INFORMACION DEL PAVIMENTO			
MAXIMO =	315.00 m ²	LONGITUD DE LA VIA:	23200.00 m	LONGITUD DE MUESTRA	100.00 m
MINIMO =	135.00 m ²	ANCHO DE LA CALZADA:	3.00 m	NUMERO TOTAL DE LAS MUESTRAS (N)	232
DESVIACION ESTANDAR (Inciso 7.5.2) (s) =	10	$n = \frac{N \times s^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + s^2}$		15	15 es el numero mínimo de muestras a evaluar
ERROR ACEPTABLE (Inciso 7.5.2) (e) =	5%				
Unidades de Muestreo (Inciso 7.5.3) (i) =	15.00				

Fuente: Realizado por los tesisas

6. Se pudo ver e identificar las fallas en el tramo para luego clasificar su severidad, cantidad, unidad y área, como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 16. Fallas encontradas en el tramo

N°	DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	UBICACIÓN		AREA / LONGITUD / UNIDAD			CANTIDADES PARCIALES
					X (m)	Y (m)	LARGO (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	
1	Piel de Cocodrilo	H	1	m ²			20	1.34		26.80
2	Grietas Longitudinales y Transversales	H	9	m			1.3			11.70
3	Depresión	H	1	m ²			1.4	1.5		2.10
4	Desnivel de Carril	H	1	m			20			20.00
5	Abultamiento y Hundimientos	H	1				20	4		20.00

Fuente: Realizado por los tesisas

Figura 51. Tramo Evaluado de manera visual



Fuente: Realizado por los tesisistas


7. Calculamos el porcentaje de densidad para cada tipo de falla tomando en cuenta el nivel de severidad como se observa en la figura 58

La fórmula de la densidad es la división entre el tamaño total de cada falla entre la sección total evaluada en el tramo. Norma sol D6433-11 (2011)

Determinamos el Valor Deducido (VD), el cual es la intersección entre el porcentaje de densidad y la curva de nivel de severidad como se observa en la figura 59. Para luego sumar todos los valores deducidos y obtener un valor total de deducción (VTD).

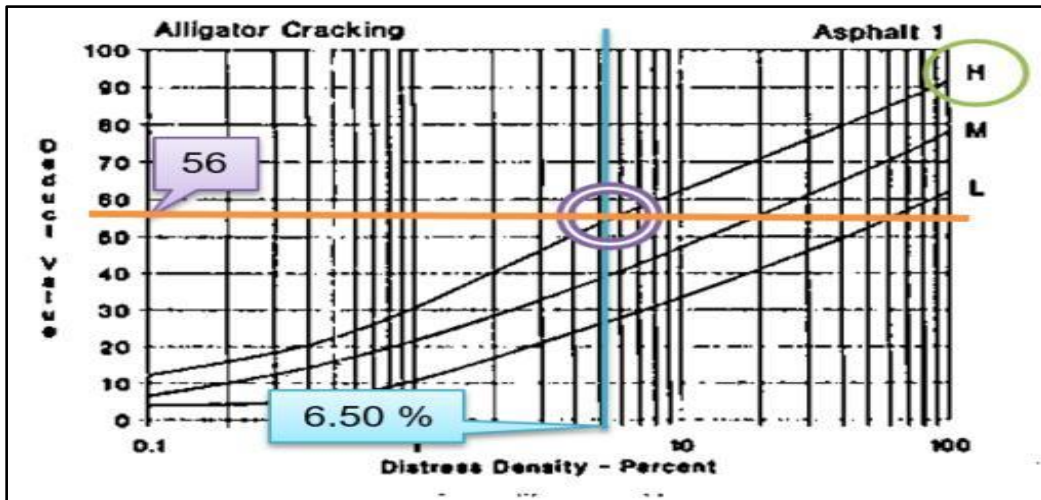
Figura 52. Valor total de Dedución

CALCULO DEL PCI			
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	6.50%	H	56
3	15.00%	H	34
7	33.33%	H	39
9	33.33%	H	30
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			159



Fuente: Realizado por los tesisistas

Figura 53. Curva de Valor Deducido



Fuente: Realizado por los tesisistas

- Una vez calculados los valores deducidos en cada tipo de falla se procede a obtener los valores deducidos mayores a 2, el valor deducido alto (HVDi); asimismo se determina el número máximo de valores deducidos (mi) por medio de la ecuación 3 de carreteras pavimentadas mostrada en la Figura 60.

Figura 54. Número máximo de valores deducidos

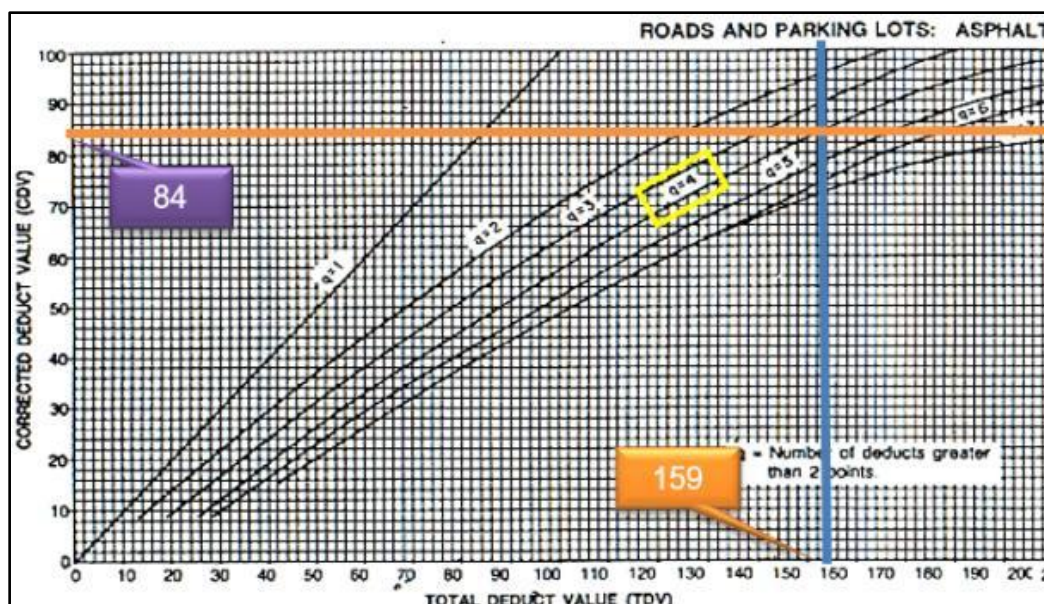
Numero de valores deducidos > 2 (q)	4
Valor Deducido mas alto (HVDi)	84
Numero maximo de Valores Deducidos (mi)	4
$n_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.	

Fuente: Realizado por los tesisistas

- Como podemos observar en la figura 60 el número máximo de valores deducidos es 4, es por ello que se colocan los 4 valores deducidos para luego ir eliminando uno por uno de forma descendente y reemplazándolo con el número 2. Hallaremos el valor deducido corregido intersectando “q”, el cual es el número de valores deducidos mayor a 2 y el valor total de deducción (VTD).
- Obtuvimos diferentes valores deducidos corregidos y un valor de deducción corregido máximo.
- Finalmente, según la Norma ASTM D6433-11 para calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI), restamos 100 menos el valor de deducción corregido máximo como se observa y de esa manera poder clasificarlo como

ser observa en la tabla 17.

Figura 55. Valor Deducido Corregido



Fuente: Realizado por los tesisas

Tabla 17. Determinación y Clasificación del Índice de Condición del Pavimento

1	56	39	34	30					159	4	84
2	56	39	34	2					131	3	78
3	56	39	2	2					99	2	64
4	56	2	2	2					62	1	59
5											
6											
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO MAXIMO											84
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)											16
CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTO:											MUY MALO

Fuente: Realizado por los tesisas

Este procedimiento será repetido para los 232 tramos evaluados.

4.3 Procedimiento del Cálculo del PSI

1. Para la determinación del Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) usaremos la ecuación de correlación entre el IRI y PSI para pavimentos flexibles propuesta en 1994 por Al - Omari y Darter; la cual está respaldada por instituciones de investigación en pavimentos como el caso del AASTHO, con la finalidad de usar este método por toda la avenida Universitaria desde la Progresiva 0 + 000.00 hasta finalizar en la Progresiva 11 + 600.00, en ambas calzadas, ida y vuelta.

Figura 56. Ecuación de Correlación IRI y PSI

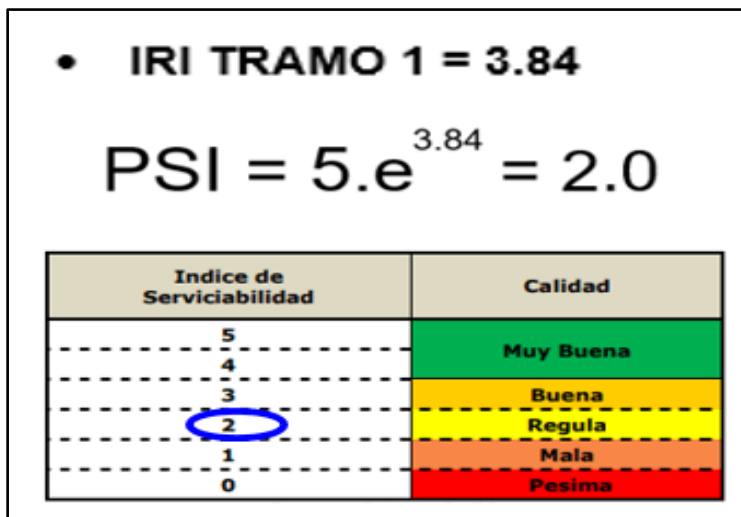
$$PSI = 5 \cdot e^{-(0,24 \cdot IRI)}$$

PSI = Índice de Serviciabilidad del Pavimento
IRI = Índice de Rugosidad Internacional

Fuente: Al – Omari & Darter (1994)

2. Usaremos el IRI que calculamos con el Roadroid y los correlacionaremos en la fórmula para luego clasificarlos en la escala definida por el ASHTOO y conocer la calidad del pavimento.

Figura 57. Clasificación IRI



Fuente: Realizado por los tesisistas

3. Se debe realizar el mismo procedimiento para los 232 tramos evaluados.

4.4 Procedimiento para el Modelo de Regresión

1. Con la información obtenida de los 232 tramos evaluados en la Avenida Universitaria respecto al IRI, PCI y PSI se procede a determinar el modelo de regresión mediante el Microsoft Excel, que consiste en darle 2 variables (x,y) para efectuar un diagrama de dispersión, luego se procede a añadir una línea de tendencia y esta nos debe efectuar un modelo de regresión lineal (ecuación de regresión lineal), modelo de regresión múltiple (ecuación de regresión polinómica de 2do al 4to grado) y modelo de regresión no lineal (ecuación de regresión exponencial, logarítmica y potencial), de esta forma se determina el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de correlación (R).

CAPÍTULO V: RESULTADOS

Se muestran los resultados de la etapa de evaluación del Pavimento en la Avenida Universitaria como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), para las 2 calzadas finalmente se presentan los modelos de regresión entre los índices.

5.1 Índice de Rugosidad Internacional con Roadroid. - Una vez realizada la evaluación en la Avenida Universitaria obteniendo el IRI Calculado, IRI Estimado e Índice de Roadroid para ambas calzadas.

5.1.1 Índice de Roadroid (IR). - Se determinó la rugosidad en la Avenida Universitaria en un polígono (sombreado naranja). Se calcularon 2689 puntos de rugosidad en 232 tramos de 100 metros cada uno. 5.1.2 IRI Calculado (cIRI) y el IRI Estimado (eIRI).- Hay dos gráficos que comparan el IRI Calculado (cIRI) y el IRI estimado (eIRI) de los carriles izquierdo y derecho, para los tramos del primer y segundo trayecto.

5.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI).- Luego de obtener las grabaciones de todo el trayecto de la avenida universitaria con un alcance de 23.2 km.

5.3 Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI).- Se necesita contar con el Índice de Rugosidad Internacional ya calculados, por lo que se llegó a utilizar la Ecuación de Al Omari y Darter para determinar el PSI en los 232 tramos.

5.4 Modelo de Regresión entre el PCI e IRI. - Mediante el modelo de regresión lineal con una ecuación de regresión lineal igual a $PCI = 1(IRI) + 40$ con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 1 y un coeficiente de correlación (R) igual a 1.

5.5 Modelo de Regresión entre el IRI y PSI. - Mediante el modelo de regresión no lineal con una ecuación de regresión exponencial igual a $PSI = 5e^{-0.24(IRI)}$ con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0,788 y un coeficiente de correlación (R) igual a 0,89..

5.6 Modelo de Regresión entre el PSI y PCI.- Mediante una línea de tendencia en curva que contiene los puntos de ambas variables, este gráfico se interpreta mediante el modelo de regresión no lineal con una ecuación de regresión logarítmica igual a $PCI = -4.167 \ln(PSI) + 46.706$ con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0,864 y un coeficiente de correlación (R) igual a 0,93.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 Contratación de la Hipótesis

- **Hipótesis general**

Analizando la relación de Los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento se deberá obtener un Modelo de Regresión directo y perfecto en la Avenida Universitaria.

Como se observa en la Figura 70,71 y 72 podemos constatar mediante los Modelos de regresión obtenidos en la evaluación del IRI, PCI y PSI presentan tres Modelos, 1 Modelo de regresión Lineal y 2 Modelos de Regresión No Lineal.

Concluyendo que la hipótesis general que se formuló es válida ya que los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento presentan Modelos de Regresión Lineal y No Lineal relacionadas de forma perfecta, no perfecta y directa mediante ecuaciones de regresión lineal, exponencial y logarítmica.

Tabla 18. Contratación de hipótesis específica H1

Hipótesis planteada	Resultados Obtenidos	Observaciones
H1: El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.	El modelo de regresión obtenido mediante la correlación entre el IRI Y PCI es lineal.	Se valida la hipótesis por que la correlación del IRI con el PCI es directa y perfecta cumpliendo con un coeficiente de correlación igual a 1.

Fuente: Elaboración de los tesisas

Tabla 19. Contrastación de hipótesis específica H2

Hipótesis planteada	Resultados Obtenidos	Observaciones
<p>H2: El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.</p>	<p>El modelo de regresión obtenido mediante la correlación entre el IRI Y PSI es exponencial.</p>	<p>No se valida la hipótesis porque la correlación del IRI con el PSI es directa más no perfecta. No cumple con un coeficiente de correlación igual a 1.</p>

Fuente: Elaboración de los tesisistas

Tabla 20. Contrastación de hipótesis específica H3

Hipótesis planteada	Resultados Obtenidos	Observaciones
<p>H3: El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.</p>	<p>El modelo de regresión obtenido mediante la correlación entre el PCI Y PSI es logarítmica.</p>	<p>No se valida la hipótesis porque la correlación del PCI con el PSI es directa más no perfecta. No cumple con un coeficiente de correlación igual a 1.</p>

Fuente: Elaboración de los tesisistas

6.2 Contrastación con Antecedentes

6.2.1 Contrastación con Antecedentes Internacionales

Psalmen, R. & Sejahtera, Medis. (2019). En su tesis titulada “Estudio de relación del IRI y PCI en pavimento flexible”, concluyó que, en los resultados del análisis, existe una diferencia entre los indicadores. La ecuación derivada de estos dos parámetros es una ecuación de regresión exponencial. Como resultado obtuvo que el nivel de relación o de influencia entre ambos es fuerte.

Tabla 21. Contrastación de Antecedente Internacional

Antecedente Internacional	Resultados	Observaciones
Rijal Psalmen, Hasibuan (2019).	Obtuvo que el nivel de relación entre los indicadores, IRI y PCI, es fuerte ya que el valor de R es -0,768. El 59% del valor del PCI tiene un valor de IRI	Los resultados no coinciden con el estudio, porque el nivel de correlación que tienen los indicadores es negativa y opuesta sin embargo es fuerte.

Fuente: Elaboración de los tesis

A diferencia de esta investigación, nosotros obtuvimos una correlación directa y perfecta. Significa que el valor de R fue positivo y lo más cercano a 1.

6.2.2 Contrastación con Antecedentes Nacionales

Quispe Cama, Hernán (2018). En su tesis titulada “Correlación de las metodologías Índice de Condición de Pavimentos y el Índice de Serviciabilidad Presente en la avenida Bolognesi, tramo: Av. Huancavelica – Av. Ferrocarril – El Tambo”. Concluyó que ambos indicadores tienen una relación directa, significa que según la condición del pavimento sabremos cuál es su nivel de transitabilidad.

Tabla 22. Contratación de Antecedente Nacional

Antecedente Internacional	Resultados	Observaciones
Quispe Cama, Hernán (2018).	Se determinaron unidades muestrales y se obtuvieron los valores de los índices para cada cuadra para la que se calculó la fórmula $PSI = 0.0605 * PCI - 1.2745$, concluyendo que en algunas zonas necesita mantenimiento.	Los resultados coinciden con el estudio, la correlación fue fuerte, eso quiere decir que los indicadores tienen una relación directamente proporcional

Fuente: Elaboración de los tesisistas

Los resultados de esta investigación al igual que nuestro estudio fueron positivos validando nuestra hipótesis, significa que obtuvieron una correlación directa esto quiere decir que solo se necesita un indicador para conocer el otro.

6.3 El IRI en la Avenida Universitaria

El Roadroid considera la velocidad como parte fundamental para la evaluación de los pavimentos por lo que nos facilita 2 tipos de cálculos un IRI estimado que se evalúa entre los 20 a 80 km/h y un IRI Calculado que se evalúa entre los 60 a 80 km/h, por lo que para tramos con transitabilidad de vehículos y personas es menor se recomienda el IRI Calculado y para tramos con transitabilidad de vehículos y personas superiores se recomienda el IRI Estimado, para nuestro caso el tráfico que existe en la Avenida Universitaria evita nuestra transitabilidad a mayor velocidad por lo que nuestro máximo de velocidad en esta avenida es de 55 km/h de esa forma el IRI Estimado es nuestro tipo de cálculo a tomar en cuenta para nuestra investigación.

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en toda la Avenida Universitaria es de 3.9 m/km dándonos como resultado un pavimento en estado No Satisfactorio, cabe recalcar que el Roadroid es un instrumento de Clase 3, el Banco Mundial respalda sus resultados.

En el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones en su Tabla 29 nos indica los parámetros necesarios para el IRI en un pavimento, el tipo de carretera del pavimento es una Autopista de calzadas separadas y con 2 carriles, el pavimento evaluado se encuentra en servicio por lo que el manual de carreteras recomienda un IRI menor a 3.50, en nuestro caso el IRI es de 3.9 por lo que no se encuentra en los estándares del necesarios para la seguridad y confort de servicio del pavimento hacia los usuarios.

Tabla 29. Rugosidad Inicial IRI

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

6.4 El PCI en la Avenida Universitaria

Con la ayuda del Manual del ASTSM D6433-11 podemos determinar que el PCI en la Avenida Universitaria es de 44 por lo que se clasifica como un Pavimento en estado Regular como se observa en la figura 73, podemos interpretar este resultado que el estado de la superficie del pavimento presenta deterioros en severidad alta y media por lo que el transitar por esta avenida puede ocasionar accidentes y malograr los neumáticos del vehículo.

Figura 58. Escala de PCI

Índice de condición del pavimento (PCI)	Rating de condición del pavimento
0 < PCI < 10	FALLADO
10 < PCI < 25	MUY POBRE
25 < PCI < 40	POBRE
40 < PCI < 55	REGULAR
55 < PCI < 70	BUENO
70 < PCI < 85	MUY BUENO
85 < PCI < 100	EXCELENTE

Fuente: Vásquez, 2002

6.5 El PSI en la Avenida Universitaria

Con la ayuda del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones podemos determinar que el PSI en la Avenida Universitaria es de 2 por lo que se clasifica como un Pavimento en estado Regular como se observa en la Tabla 30.

Tabla 30. Clasificación Índice de Serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy Buena
4	Buena
3	Regula
2	Mala
1	Pesima
0	

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

6.6 Modelo de Regresión del IRI, PSI y PCI en la Avenida Universitaria

En la Tabla 31 se observa 3 Modelos de Regresión cada correlación entre el IRI, PSI y PCI siendo un análisis y correlación perfecta y directa entre el IRI Y PCI , este resultado de la evaluación es por la similitud de resultados de los 232 tramos evaluados puesto que los valores tienen una similitud en los datos por lo que la línea de tendencia en el diagrama de dispersión tienen los puntos cercanos a la línea esto se interpreta que mientras los puntos estén más cercanos a la línea de tendencia la relación es más cercana a 1.

Tabla 31. Modelos de Regresión en la Avenida Universitaria

ÍNDICES DE EVALUACIÓN	MODELOS DE REGRESIÓN	TIPO DE ECUACIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	
IRI - PCI	LINEAL	LINEAL	1	PERFECTA Y DIRECTA
IRI - PSI	NO LINEAL	EXPONENCIAL	0,89	NO PERFECTA Y DIRECTA
PSI - PCI	NO LINEAL	LOGARÍTMICA	0,93	NO PERFECTA Y DIRECTA

Fuente: Realizado por los tesisistas

CONCLUSIONES

Se concluye que mediante la correlación de los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento el modelo de regresión $PCI = 1(IRI) + 40$ es el más acertado y exacto para futuras investigaciones, asimismo se obtuvieron 3 modelos de regresión, lineales, no lineales mediante ecuaciones logarítmicas, exponenciales y lineales

Se concluye que el modelo de regresión $PCI = 1(IRI) + 40$, resultante entre la correlación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es directa y perfecta porque los valores obtenidos en el trabajo de campo representados en el diagrama de dispersión (Figura 70) nos da como resultado una fórmula con un coeficiente de correlación igual a 1 lo cual significa que tienes valores con mayor rango de exactitud.

Se concluye que el modelo de regresión $PSI = 5e^{-0.24(IRI)}$, resultante entre la correlación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) es directo mas no perfecto porque los valores obtenidos en el trabajo de campo representados en el diagrama de dispersión (Figura 71) nos da como resultado una fórmula con un coeficiente de correlación igual a 0,89.

Se concluye que el modelo de regresión $PCI = -4.167 \ln(PSI) + 46.706$ resultante entre la correlación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) es directo mas no perfecto porque los valores obtenidos en el trabajo de campo representados en el diagrama de dispersión (Figura 72) nos da como resultado una fórmula con un coeficiente de correlación igual a 0,93.

RECOMENDACIONES

Implementar el modelo de regresión lineal $PCI = 1(IRI) + 40$ para una futura evaluación superficial del pavimento en la Avenida Universitaria con el fin de monitorear el comportamiento de la vía, y como una herramienta indispensable para la toma de decisiones en el mediano y corto plazo.

Realizar la evaluación de la vía mediante tramos de cada 100 m mediante la aplicación Roadroid, ya que nos brinda un mejor seccionamiento del estado de la vía y los resultados son más precisos.

Mejorar las condiciones de la vía e incrementar el PCI, para los tramos 21, 24, 74, 91, 92, 159, 166, 193, 208, 218, se recomienda una rehabilitación rutinaria inmediata aplicando técnicas de reparación como bacheo profundo, sellado de fisuras, reposición de parches deteriorados; al tratarse de fallas con severidad Alta. (Anexo 9) con un costo estimado de S/.34,347.91 (Anexo 10)

Emplear el informe de evaluación brindada para un futuro mantenimiento correspondiente para cada falla mencionada (Anexo 9), por medio de las Municipalidades respectivas en la Avenida Universitaria, esto con la finalidad de ofrecer un mejor confort, comodidad y seguridad al transitar por esta avenida

Se recomienda usar el IRI para conocer el estado de la vía y el PCI para contrastar los resultados, esto debido a que en el presente trabajo obtuvimos un IRI de 3.9 m/km (estado no satisfactorio, revisar Anexo 3 – 4) yendo a 55km/h y al momento de hacer la evaluación con el PCI pudimos validar que los datos obtenidos eran reales (Anexo 5 - 6).

Utilizar la ecuación de Al Omari y Darter para el cálculo en el PSI, ya que tiene un resultado confiable, con respecto al estado actual de la vía.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Título de Tesis : PROPUESTA DE MODELO DE REGRESIÓN MEDIANTE LOS ÍNDICES DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA						
Elaborado por:	Sanabria Carrión, Anibal Anthony Sánchez Melo, Gustavo Adolfo					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA
Problema general:	Objetivo General:	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Diseño
¿Cuál es el Modelo de Regresión que se obtiene analizando la relación de los Índices de Evaluación superficial en la Av. Universitaria?	Analizar la correlación de los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento para la formulación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria.	Analizando la relación de Los Índices de Evaluación Superficial del Pavimento se deberá obtener un Modelo de Regresión directo y perfecto en la Avenida Universitaria.	Índices de Evaluación Superficial del Pavimento	Índice de Condición del Pavimento (PCI) Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Índice de Serviciabilidad (PSI)	Tipo de Falla Rugosidad Serviciabilidad	- Enfoque de Investigación: Cuantitativo - Nivel de Investigación: Correlacional - Diseño de Investigación: Diseño no experimental
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variable dependiente			Población
¿De qué manera el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) influye en la determinación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria?	Determinar el modelo de regresión entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) en la Av. Universitaria.	El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición del Pavimento (PCI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.	Modelo de Regresión	Ecuación de Regresión	Diagrama de Dispersión	Esta comprendida por el pavimento flexible en el tramo de la Av. Universitaria con el cruce de la Av. Amezaga hasta el cruce de la Av. Universitaria con el trébol de Los Olivos
						Muestra
¿De qué manera el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) influye en la determinación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria?	Determinar el modelo de regresión entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) en la Av. Universitaria.	El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.	Modelo de Regresión	Ecuación de Regresión	Diagrama de Dispersión	Se busca evaluar 232 tramos de 100 metros cada uno dando un total de 23km de la Av. Universitaria en total, tanto para ida como vuelta.
						Instrumentos
						- Área del conocimiento : Análisis de Regresión - Aplicativo Roadroid Pro - Cámara GoPro
						Procedimiento
¿De qué manera el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) influye en la determinación del Modelo de Regresión en la Av. Universitaria?	Determinar el modelo de regresión entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) en la Av. Universitaria.	El modelo de regresión obtenido entre el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) será directo y perfecto en la Avenida Universitaria.	Modelo de Regresión	Ecuación de Regresión	Diagrama de Dispersión	- Determinar el IRI - Determinar el PCI - Determinar el PSI - Realizar un diagrama de dispersión - Realizar un Modelo de Regresión entre los índices - Encontrar la mejor correlación

Anexo 2: Solicitud Licencia Estudiantil Roadroid



Please fill in demo account details

1. Organization/Intuition	
Organization Name:	Universidad de San Martin de Porres
Organization Type: <small>(University, Research Entity, Private Company, etc.)</small>	University
Official Domain/Website <small>(Organization's)</small>	www.usmp.edu.pe/
Contact Person: <small>(Professor/Dean/Head of Dept./ Line Manager)</small>	
Name: Juan Manuel	Email: joblitass@usmp.pe
Last Name: Oblitas Santa María	Telephone/Mobile: +51 986 679 155
Designation/Title: Magister	Website/LinkedIn/Blog/Official Profile Link https://pe.linkedin.com/in/juan-oblitas-santa-mar%C3%A1da
2. Researcher/Student	
Name: Gustavo Adolfo	Email: gustavo_sanchez5@usmp.pe
Last Name: Sanchez Melo	Telephone/Mobile: +51 993009340
Country: Peru	Website/LinkedIn/Blog:
Research topic and description: The research topic is to find the PSI through the IRI, which will be calculated through the Roadroid. You will find the PSI of Avenida Universitaria, one of the main and most congested avenues in Lima, Peru. We will be able to see the state of roughness and the texture of said avenue. The Result of the Research: The results will help us to speed up the maintenance of that avenue and a report will be generated that will also be uploaded to the roadroid app.	
Is there any other party involved in this research other than you and your university? Yes <input checked="" type="checkbox"/>	
If yes please describe:	
Mobile IMEI no 1	863333042492760
Mobile IMEI no 2	

Hereby I consent that I use the Roadroid Free License solely for my research purpose stated above and will not use it for commercial/profit unless informed and authorized by Roadroid Company.

Name and Last Name
Gustavo Adolfo Sanchez Melo

www.roadroid.com

Anexo 3: Resultados eIRI Tramo de Ida

Tramo #	TRAMO (m)	VELOCIDAD (km/h)	LATITUD (m)	eIRI	CLASIFICACION
1	100	28.88	95.34	1.59	MUY BUENO
2	200	38.09	94.00	1.92	MUY BUENO
3	300	44.12	94.26	2.15	REGULAR
4	400	45.65	96.31	2.16	REGULAR
5	500	46.01	99.01	2.10	MUY BUENO
6	600	41.57	102.08	1.80	MUY BUENO
7	700	44.46	106.28	1.26	MUY BUENO
8	800	33.27	111.27	2.30	REGULAR
9	900	51.51	112.04	2.00	MUY BUENO
10	1000	55.78	110.23	1.50	MUY BUENO
11	1100	52.86	109.67	2.00	MUY BUENO
12	1200	33.15	109.57	2.63	REGULAR
13	1300	45.64	111.49	1.54	MUY BUENO
14	1400	52.37	112.40	1.80	MUY BUENO
15	1500	53.45	112.54	1.70	MUY BUENO
16	1600	53.18	112.35	1.80	MUY BUENO
17	1700	46.43	111.02	3.67	REGULAR
18	1800	53.3	108.94	2.40	REGULAR
19	1900	57.35	107.07	3.51	REGULAR
20	2000	51.65	105.84	2.62	REGULAR
21	2100	35.27	104.90	7.13	MUY MALO
22	2200	47.75	103.23	2.00	MUY BUENO
23	2300	45.33	102.38	1.50	MUY BUENO
24	2400	30.04	101.62	7.13	MUY MALO
25	2500	46.35	101.47	0.95	MUY BUENO
26	2600	48.19	100.32	1.20	MUY BUENO
27	2700	56.53	99.07	3.07	REGULAR
28	2800	56.33	98.51	2.30	REGULAR
29	2900	48.26	100.06	2.80	REGULAR
30	3000	52.08	99.70	0.80	BUENO
31	3100	56.4	99.03	1.50	MUY BUENO
32	3200	53.93	101.27	1.80	MUY BUENO
33	3300	62.12	103.48	1.50	MUY BUENO
34	3400	62.43	104.34	2.00	MUY BUENO
35	3500	52.73	106.26	4.00	REGULAR
36	3600	54.11	107.22	4.07	REGULAR
37	3700	60.51	107.30	3.00	REGULAR
38	3800	61.87	108.69	3.20	REGULAR
39	3900	61.41	109.93		REGULAR
40	4000	59.94	109.43	3.60	REGULAR
41	4100	62.2	108.68	2.00	MUY BUENO
42	4200	63.48	108.17	1.80	MUY BUENO
43	4300	68.33	106.84		REGULAR
44	4400	64.66	104.97		REGULAR
45	4500	65.17	101.60	0.80	BUENO
46	4600	57.87	97.50	1.20	MUY BUENO
47	4700	63.29	94.32	1.90	MUY BUENO
48	4800	66.26	91.66	2.00	MUY BUENO
49	4900	67.18	89.42	1.60	MUY BUENO
50	5000	68.13	88.66		REGULAR
51	5100	56.92	88.14	2.00	MUY BUENO
52	5200	30.19	88.18	1.90	MUY BUENO
53	5300	46.82	88.25	4.20	REGULAR
54	5400	61.69	87.83	4.98	REGULAR
55	5500	65.87	86.30	4.60	REGULAR
56	5600	66.29	84.03	5.00	REGULAR
57	5700	65.22	81.74	1.30	MUY BUENO
58	5800	63.67	80.05	1.70	MUY BUENO
59	5900	60.93	79.56	4.34	REGULAR
60	6000	64.24	79.06	3.34	REGULAR
61	6100	71.25	79.56	0.80	BUENO
62	6200	74.02	79.45	1.20	MUY BUENO
63	6300	74.9	79.22	1.50	MUY BUENO
64	6400	71.3	79.01	1.60	MUY BUENO
65	6500	70.6	79.06	1.90	MUY BUENO
66	6600	70.07	79.68	2.00	MUY BUENO
67	6700	67.96	79.74	1.50	MUY BUENO
68	6800	66.42	80.25	1.60	MUY BUENO
69	6900	62.95	79.75	2.00	MUY BUENO
70	7000	57.19	78.63		REGULAR
71	7100	40.75	76.71		REGULAR
72	7200	44.28	74.84	2.84	REGULAR
73	7300	57.23	73.30	1.20	MUY BUENO
74	7400	63.76	72.60	1.50	MUY BUENO
75	7500	64.66	71.66	1.60	MUY BUENO
76	7600	60.79	71.39		MUY MALO
77	7700	51.53	70.72		REGULAR
78	7800	54.73	70.10	1.50	MUY BUENO
79	7900	57.99	68.61	1.60	MUY BUENO
80	8000	61.49	69.34	1.90	MUY BUENO
81	8100	62.62	71.10	2.00	MUY BUENO
82	8200	65.81	72.29	1.60	MUY BUENO
83	8300	63.61	73.14	1.60	MUY BUENO
84	8400	62.12	73.42	1.60	MUY BUENO
85	8500	69.05	74.06	1.60	MUY BUENO
86	8600	61.03	76.16		MUY MALO
87	8700	46.98	79.53		REGULAR
88	8800	55.38	81.12	0.50	BUENO
89	8900	62.39	81.27	1.30	MUY BUENO
90	9000	66.66	81.91	5.33	REGULAR
91	9100	64.54	82.83		REGULAR
92	9200	55.8	83.06		REGULAR
93	9300	40.05	82.67	1.80	MUY BUENO
94	9400	53.47	83.02	1.20	MUY BUENO
95	9500	61.53	82.75	1.30	MUY BUENO
96	9600	64.64	82.33	1.50	MUY BUENO
97	9700	62.59	82.37	1.80	MUY BUENO
98	9800	55.78	82.98	2.10	MUY BUENO
99	9900	47.61	84.67	1.90	MUY BUENO
100	10000	39.25	86.54	4.22	REGULAR
101	10100	52.94	89.19	5.30	REGULAR
102	10200	57.4	91.15	3.87	REGULAR
103	10300	57.73	93.20	5.10	REGULAR
104	10400	57.17	93.86	0.60	BUENO
105	10500	59.88	95.25	0.70	BUENO
106	10600	59.4	97.49	4.30	REGULAR
107	10700	55.94	100.66	4.05	REGULAR
108	10800	56.05	102.58	3.50	REGULAR
109	10900	56.61	102.13	3.58	REGULAR
110	11000	51.14	100.90	4.15	REGULAR
111	11100	53.2	101.51	3.87	REGULAR
112	11200	54.71	99.97	3.01	REGULAR
113	11300	65.07	97.02	3.19	REGULAR
114	11400	72.49	95.37	3.58	REGULAR
115	11500	72.39	96.29	1.14	MUY BUENO
116	11600	60.25	99.15	3.51	REGULAR
117	11700	36.54	82.76	3.19	REGULAR
118	11800	52.92	79.93	1.80	MUY BUENO

Anexo 4: Resultados eIRI Tramo de Vuelta

119	11900	59.65	78.62	3.50	REGULAR
120	12000	59.12	77.84	3.58	REGULAR
121	12100	38.66	77.49	2.55	REGULAR
122	12200	36.15	78.59	2.21	REGULAR
123	12300	58.37	78.42	2.90	REGULAR
124	12400	72.77	76.63	3.35	REGULAR
125	12500	74.51	74.26	3.35	REGULAR
126	12600	69.05	73.31	3.14	REGULAR
127	12700	61.76	72.33	2.16	REGULAR
128	12800	32.48	70.72	1.76	MUY BUENO
129	12900	46.99	69.85	2.34	REGULAR
130	13000	69.21	70.17	4.16	REGULAR
131	13100	63.36	69.80	3.87	REGULAR
132	13200	48.29	70.96	4.29	REGULAR
133	13300	54.95	70.26	2.93	REGULAR
134	13400	58.97	69.69	2.50	REGULAR
135	13500	63.49	70.36	4.37	REGULAR
136	13600	61.02	70.64	3.96	REGULAR
137	13700	46.44	71.50	3.96	REGULAR
138	13800	31.13	71.68	2.73	REGULAR
139	13900	47.12	73.17	4.42	REGULAR
140	14000	60.35	74.22	4.87	REGULAR
141	14100	66.34	74.48	2.81	REGULAR
142	14200	69.75	74.53	3.00	REGULAR
143	14300	70.73	74.88	2.68	REGULAR
144	14400	67.11	75.10	2.89	REGULAR
145	14500	63.67	74.72	2.82	REGULAR
146	14600	66.47	76.71	4.36	REGULAR
147	14700	66.11	77.13	4.33	REGULAR
148	14800	62.03	76.42	5.19	REGULAR
149	14900	44.76	77.42	4.11	REGULAR
150	15000	37.91	82.15	3.94	REGULAR
151	15100	59.7	82.32	3.59	REGULAR
152	15200	64.45	80.66	2.79	REGULAR
153	15300	65.45	80.11		REGULAR
154	15400	66.25	80.64	5.00	REGULAR
155	15500	71	81.35	4.87	REGULAR
156	15600	71.3	82.37	4.51	REGULAR
157	15700	54.22	83.56	3.35	REGULAR
158	15800	64.04	85.01	3.06	REGULAR
159	15900	68.38	85.44	2.89	REGULAR
160	16000	47.61	85.52	3.65	REGULAR
161	16100	50.41	85.84	3.79	REGULAR
162	16200	65.2	86.00	4.82	REGULAR
163	16300	57.78	87.03	4.89	REGULAR
164	16400	43.67	88.51	4.93	REGULAR
165	16500	43.71	90.35		REGULAR
166	16600	49.49	93.37		REGULAR
167	16700	48.16	95.93	4.78	REGULAR
168	16800	45.81	100.15	4.04	REGULAR
169	16900	60.27	103.50	4.25	REGULAR
170	17000	56.37	105.62	1.80	MUY BUENO
171	17100	52.85	107.84	1.50	MUY BUENO
172	17200	48.65	108.62	1.60	MUY BUENO
173	17300	33.37	109.34	0.50	BUENO
174	17400	37.43	108.92	1.99	MUY BUENO
175	17500	48.37	108.57	4.50	REGULAR
176	17600	48.6	107.42	5.20	REGULAR
177	17700	43.61	106.11	3.50	REGULAR
178	17800	56.58	104.98	2.82	REGULAR
179	17900	55.04	103.40	3.24	REGULAR
180	18000	36.07	103.06	2.92	REGULAR
181	18100	40.68	104.05	4.12	REGULAR
182	18200	55.32	103.92	4.12	REGULAR
183	18300	52.05	104.70	3.60	REGULAR
184	18400	52.09	101.50	2.66	REGULAR
185	18500	49.21	97.83	3.41	REGULAR
186	18600	49.93	97.04	3.09	REGULAR
187	18700	47.58	98.00	2.31	REGULAR
188	18800	33.51	100.38	2.39	REGULAR
189	18900	41.26	106.90	3.33	REGULAR
190	19000	44.87	107.57	2.19	REGULAR
191	19100	39.28	108.03	2.00	MUY BUENO
192	19200	32.36	108.64	3.60	REGULAR
193	19300	51.64	109.31	3.40	REGULAR
194	19400	63.04	110.03	2.50	REGULAR
195	19500	60.47	110.38	3.04	REGULAR
196	19600	54.99	109.31	2.30	REGULAR
197	19700	41.91	107.59	3.90	REGULAR
198	19800	49.59	106.24	3.57	REGULAR
199	19900	55.86	104.06	3.45	REGULAR
200	20000	58.38	102.34	2.97	REGULAR
201	20100	40.1	101.06	2.93	REGULAR
202	20200	44.53	100.19		REGULAR
203	20300	52.19	99.17	3.85	REGULAR
204	20400	60.27	97.32		REGULAR
205	20500	62.95	96.96	3.09	REGULAR
206	20600	56.94	96.60	2.82	REGULAR
207	20700	54.98	95.64	3.65	REGULAR
208	20800	55.8	83.06		REGULAR
209	20900	40.05	82.67	2.70	REGULAR
210	21000	53.47	83.02	2.60	REGULAR
211	21100	61.53	82.75	4.58	REGULAR
212	21200	64.64	82.33	2.10	MUY BUENO
213	21300	62.59	82.37	1.80	MUY BUENO
214	21400	56.78	82.98	1.50	MUY BUENO
215	21500	47.61	84.67	1.70	MUY BUENO
216	21600	39.25	86.54	1.20	MUY BUENO
217	21700	52.94	89.19	3.60	REGULAR
218	21800	57.4	91.15	6.19	REGULAR
219	21900	57.73	93.20	3.40	REGULAR
220	22000	57.17	93.86	3.65	REGULAR
221	22100	59.88	95.25	2.76	REGULAR
222	22200	59.4	97.49	2.10	MUY BUENO
223	22300	55.94	100.66	1.80	MUY BUENO
224	22400	56.05	102.58	2.60	REGULAR
225	22500	56.61	102.13	2.80	REGULAR
226	22600	51.14	100.90	3.00	REGULAR
227	22700	53.2	100.51	1.80	MUY BUENO
228	22800	54.71	99.97	1.70	MUY BUENO
229	22900	65.07	97.02	1.80	MUY BUENO
230	23000	72.49	95.37	1.60	MUY BUENO
231	23100	72.39	96.29	2.00	MUY BUENO
232	23200	60.25	99.15	0.90	BUENO
	Total	55		3.9	REGULAR

Anexo 5: Resultados PCI Tramo de ida.

Nº TRAMO	DESDE	HASTA	CLASIFICACION	CLASIFICACION PCI
1	0+000.00	0+100.00	65	BUENO
2	0+100.00	0+200.00	75	MUY BUENO
3	0+200.00	0+300.00	72	MUY BUENO
4	0+300.00	0+400.00	76	MUY BUENO
5	0+400.00	0+500.00	84	MUY BUENO
6	0+500.00	0+600.00	85	MUY BUENO
7	0+600.00	0+700.00	88	MUY BUENO
8	0+700.00	0+800.00	88	MUY BUENO
9	0+800.00	0+900.00	76	BUENO
10	0+900.00	0+1000.00	72	MUY BUENO
11	0+1000.00	0+1100.00	76	MUY BUENO
12	0+1100.00	0+1200.00	51	REGULAR
13	0+1200.00	0+1300.00	51	REGULAR
14	0+1300.00	0+1400.00	84	MUY BUENO
15	0+1400.00	0+1500.00	76	MUY BUENO
16	0+1500.00	0+1600.00	75	MUY BUENO
17	0+1600.00	0+1700.00	46	REGULAR
18	0+1700.00	0+1800.00	29	MUY MALO
19	0+1800.00	0+1900.00	52	REGULAR
20	0+1900.00	0+2000.00	58	BUENO
21	0+2000.00	0+2100.00	8	FALLADO
22	0+2100.00	0+2200.00	83	MUY BUENO
23	0+2200.00	0+2300.00	76	MUY BUENO
24	0+2300.00	0+2400.00	58	FALLADO
25	0+2400.00	0+2500.00	11	MUY MALO
26	0+2500.00	0+2600.00	76	MUY BUENO
27	0+2600.00	0+2700.00	14	REGULAR
28	0+2700.00	0+2800.00	48	REGULAR
29	0+2800.00	0+2900.00	43	REGULAR
30	0+2900.00	0+3000.00	76	MUY BUENO
31	0+3000.00	0+3100.00	72	MUY BUENO
32	0+3100.00	0+3200.00	75	MUY BUENO
33	0+3200.00	0+3300.00	78	MUY BUENO
34	0+3300.00	0+3400.00	42	REGULAR
35	0+3400.00	0+3500.00	28	MUY MALO
36	0+3500.00	0+3600.00	27	MALO
37	0+3600.00	0+3700.00	68	BUENO
38	0+3700.00	0+3800.00	27	MUY MALO
39	0+3800.00	0+3900.00	8	FALLADO
40	0+3900.00	0+4000.00	18	MUY MALO
41	0+4000.00	0+4100.00	24	BUENO
42	0+4100.00	0+4200.00	67	BUENO
43	0+4200.00	0+4300.00	4	FALLADO
44	0+4300.00	0+4400.00	2	FALLADO
45	0+4400.00	0+4500.00	54	BUENO
46	0+4500.00	0+4600.00	76	MUY BUENO
47	0+4600.00	0+4700.00	78	MUY BUENO
48	0+4700.00	0+4800.00	85	MUY BUENO
49	0+4800.00	0+4900.00	72	MUY BUENO
50	0+4900.00	0+5000.00	9	FALLADO
51	0+5000.00	0+5100.00	72	MUY BUENO
52	0+5100.00	0+5200.00	27	MALO
53	0+5200.00	0+5300.00	42	REGULAR
54	0+5300.00	0+5400.00	31	MALO
55	0+5400.00	0+5500.00	21	MUY MALO
56	0+5500.00	0+5600.00	18	MUY MALO
57	0+5600.00	0+5700.00	14	BUENO
58	0+5700.00	0+5800.00	51	REGULAR
59	0+5800.00	0+5900.00	21	MALO
60	0+5900.00	0+6000.00	41	REGULAR
61	0+6000.00	0+6100.00	71	MUY BUENO
62	0+6100.00	0+6200.00	54	BUENO
63	0+6200.00	0+6300.00	76	MUY BUENO
64	0+6300.00	0+6400.00	78	MUY BUENO
65	0+6400.00	0+6500.00	79	MUY BUENO
66	0+6500.00	0+6600.00	74	MUY BUENO
67	0+6600.00	0+6700.00	84	MUY BUENO
68	0+6700.00	0+6800.00	73	MUY BUENO
69	0+6800.00	0+6900.00	88	MUY BUENO
70	0+6900.00	0+7000.00	3	FALLADO
71	0+7000.00	0+7100.00	2	FALLADO
72	0+7100.00	0+7200.00	12	REGULAR
73	0+7200.00	0+7300.00	74	MALO
74	0+7300.00	0+7400.00	76	MUY BUENO
75	0+7400.00	0+7500.00	71	MUY BUENO
76	0+7500.00	0+7600.00	2	FALLADO
77	0+7600.00	0+7700.00	7	FALLADO
78	0+7700.00	0+7800.00	72	MUY BUENO
79	0+7800.00	0+7900.00	46	REGULAR
80	0+7900.00	0+8000.00	74	MUY BUENO
81	0+8000.00	0+8100.00	22	MALO
82	0+8100.00	0+8200.00	76	MUY BUENO
83	0+8200.00	0+8300.00	78	MUY BUENO
84	0+8300.00	0+8400.00	72	MUY BUENO
85	0+8400.00	0+8500.00	78	MUY BUENO
86	0+8500.00	0+8600.00	6	FALLADO
87	0+8600.00	0+8700.00	6	FALLADO
88	0+8700.00	0+8800.00	18	BUENO
89	0+8800.00	0+8900.00	54	BUENO
90	0+8900.00	0+9000.00	12	MUY MALO
91	0+9000.00	0+9100.00	9	FALLADO
92	0+9100.00	0+9200.00	25	FALLADO
93	0+9200.00	0+9300.00	69	BUENO
94	0+9300.00	0+9400.00	65	BUENO
95	0+9400.00	0+9500.00	17	MALO
96	0+9500.00	0+9600.00	75	MUY BUENO
97	0+9600.00	0+9700.00	72	MUY BUENO
98	0+9700.00	0+9800.00	73	MUY BUENO
99	0+9800.00	0+9900.00	78	MUY BUENO
100	0+9900.00	0+10000.00	56	BUENO
101	0+10000.00	0+10100.00	25	REGULAR
102	0+10100.00	0+10200.00	18	BUENO
103	0+10200.00	0+10300.00	46	REGULAR
104	0+10300.00	0+10400.00	76	MUY BUENO
105	0+10400.00	0+10500.00	72	MUY BUENO
106	0+10500.00	0+10600.00	54	BUENO
107	0+10600.00	0+10700.00	76	MALO
108	0+10700.00	0+10800.00	13	MUY MALO
109	0+10800.00	0+10900.00	24	MALO
110	0+10900.00	0+11000.00	67	BUENO
111	0+11000.00	0+11100.00	22	MUY MALO
112	0+11100.00	0+11200.00	12	MUY MALO
113	0+11200.00	0+11300.00	22	MALO
114	0+11300.00	0+11400.00	46	REGULAR
115	0+11400.00	0+11500.00	75	MUY BUENO
116	0+11500.00	0+11600.00	22	MUY MALO
117	0+11600.00	0+11700.00	56	BUENO
118	0+11700.00	0+11800.00	78	MUY BUENO

Anexo 6: Resultados PCI Tramo de vuelta.

119	0 + 11800.00	0 + 11900.00	82	BUENO
120	0 + 11900.00	0 + 12000.00	82	BUENO
121	0 + 12000.00	0 + 12100.00	83	BUENO
122	0 + 12100.00	0 + 12200.00	79	BUENO
123	0 + 12200.00	0 + 12300.00	80	REGULAR
124	0 + 12300.00	0 + 12400.00	85	BUENO
125	0 + 12400.00	0 + 12500.00	87	BUENO
126	0 + 12500.00	0 + 12600.00	85	BUENO
127	0 + 12600.00	0 + 12700.00	85	REGULAR
128	0 + 12700.00	0 + 12800.00	89	MALD
129	0 + 12800.00	0 + 12900.00	89	MUY MALD
130	0 + 12900.00	0 + 13000.00	82	REGULAR
131	0 + 13000.00	0 + 13100.00	86	BUENO
132	0 + 13100.00	0 + 13200.00	77	MALD
133	0 + 13200.00	0 + 13300.00	75	MALD
134	0 + 13300.00	0 + 13400.00	73	MUY MALD
135	0 + 13400.00	0 + 13500.00	67	BUENO
136	0 + 13500.00	0 + 13600.00	82	MALD
137	0 + 13600.00	0 + 13700.00	78	MUY MALD
138	0 + 13700.00	0 + 13800.00	75	MUY MALD
139	0 + 13800.00	0 + 13900.00	73	MUY MALD
140	0 + 13900.00	0 + 14000.00	73	MUY MALD
141	0 + 14000.00	0 + 14100.00	80	REGULAR
142	0 + 14100.00	0 + 14200.00	77	MALD
143	0 + 14200.00	0 + 14300.00	80	REGULAR
144	0 + 14300.00	0 + 14400.00	82	REGULAR
145	0 + 14400.00	0 + 14500.00	80	BUENO
146	0 + 14500.00	0 + 14600.00	80	MALD
147	0 + 14600.00	0 + 14700.00	77	MUY MALD
148	0 + 14700.00	0 + 14800.00	75	MUY MALD
149	0 + 14800.00	0 + 14900.00	75	MUY MALD
150	0 + 14900.00	0 + 15000.00	75	MUY MALD
151	0 + 15000.00	0 + 15100.00	80	BUENO
152	0 + 15100.00	0 + 15200.00	78	MALD
153	0 + 15200.00	0 + 15300.00	8	FALLADO
154	0 + 15300.00	0 + 15400.00	79	MALD
155	0 + 15400.00	0 + 15500.00	80	MUY MALD
156	0 + 15500.00	0 + 15600.00	81	REGULAR
157	0 + 15600.00	0 + 15700.00	80	MALD
158	0 + 15700.00	0 + 15800.00	80	BUENO
159	0 + 15800.00	0 + 15900.00	82	BUENO
160	0 + 15900.00	0 + 16000.00	85	BUENO
161	0 + 16000.00	0 + 16100.00	85	BUENO
162	0 + 16100.00	0 + 16200.00	72	MUY MALD
163	0 + 16200.00	0 + 16300.00	72	MUY MALD
164	0 + 16300.00	0 + 16400.00	70	MALD
165	0 + 16400.00	0 + 16500.00	6	FALLADO
166	0 + 16500.00	0 + 16600.00	5	FALLADO
167	0 + 16600.00	0 + 16700.00	80	BUENO
168	0 + 16700.00	0 + 16800.00	78	MALD
169	0 + 16800.00	0 + 16900.00	80	BUENO
170	0 + 16900.00	0 + 17000.00	79	MUY BUENO
171	0 + 17000.00	0 + 17100.00	79	MUY BUENO
172	0 + 17100.00	0 + 17200.00	79	MUY BUENO
173	0 + 17200.00	0 + 17300.00	82	MUY BUENO
174	0 + 17300.00	0 + 17400.00	79	MUY BUENO
175	0 + 17400.00	0 + 17500.00	78	MUY BUENO
176	0 + 17500.00	0 + 17600.00	80	MALD
177	0 + 17600.00	0 + 17700.00	80	MALD
178	0 + 17700.00	0 + 17800.00	74	MUY MALD
179	0 + 17800.00	0 + 17900.00	74	MUY MALD
180	0 + 17900.00	0 + 18000.00	81	REGULAR
181	0 + 18000.00	0 + 18100.00	75	MUY MALD
182	0 + 18100.00	0 + 18200.00	74	MALD
183	0 + 18200.00	0 + 18300.00	75	MALD
184	0 + 18300.00	0 + 18400.00	79	BUENO
185	0 + 18400.00	0 + 18500.00	82	REGULAR
186	0 + 18500.00	0 + 18600.00	80	BUENO
187	0 + 18600.00	0 + 18700.00	80	BUENO
188	0 + 18700.00	0 + 18800.00	75	REGULAR
189	0 + 18800.00	0 + 18900.00	80	REGULAR
190	0 + 18900.00	0 + 19000.00	82	REGULAR
191	0 + 19000.00	0 + 19100.00	80	MALD
192	0 + 19100.00	0 + 19200.00	80	MALD
193	0 + 19200.00	0 + 19300.00	80	REGULAR
194	0 + 19300.00	0 + 19400.00	80	BUENO
195	0 + 19400.00	0 + 19500.00	80	BUENO
196	0 + 19500.00	0 + 19600.00	82	MUY MALD
197	0 + 19600.00	0 + 19700.00	80	MUY MALD
198	0 + 19700.00	0 + 19800.00	80	MUY MALD
199	0 + 19800.00	0 + 19900.00	80	REGULAR
200	0 + 19900.00	0 + 20000.00	80	BUENO
201	0 + 20000.00	0 + 20100.00	80	REGULAR
202	0 + 20100.00	0 + 20200.00	80	REGULAR
203	0 + 20200.00	0 + 20300.00	80	REGULAR
204	0 + 20300.00	0 + 20400.00	80	FALLADO
205	0 + 20400.00	0 + 20500.00	80	REGULAR
206	0 + 20500.00	0 + 20600.00	80	REGULAR
207	0 + 20600.00	0 + 20700.00	82	REGULAR
208	0 + 20700.00	0 + 20800.00	80	FALLADO
209	0 + 20800.00	0 + 20900.00	87	BUENO
210	0 + 20900.00	0 + 21000.00	75	MUY MALD
211	0 + 21000.00	0 + 21100.00	75	MUY MALD
212	0 + 21100.00	0 + 21200.00	85	MUY BUENO
213	0 + 21200.00	0 + 21300.00	75	MUY BUENO
214	0 + 21300.00	0 + 21400.00	75	MUY BUENO
215	0 + 21400.00	0 + 21500.00	75	MUY BUENO
216	0 + 21500.00	0 + 21600.00	80	MUY BUENO
217	0 + 21600.00	0 + 21700.00	77	MALD
218	0 + 21700.00	0 + 21800.00	5	FALLADO
219	0 + 21800.00	0 + 21900.00	80	MUY MALD
220	0 + 21900.00	0 + 22000.00	80	REGULAR
221	0 + 22000.00	0 + 22100.00	80	BUENO
222	0 + 22100.00	0 + 22200.00	79	MUY BUENO
223	0 + 22200.00	0 + 22300.00	79	MUY BUENO
224	0 + 22300.00	0 + 22400.00	80	MUY BUENO
225	0 + 22400.00	0 + 22500.00	80	BUENO
226	0 + 22500.00	0 + 22600.00	80	BUENO
227	0 + 22600.00	0 + 22700.00	80	BUENO
228	0 + 22700.00	0 + 22800.00	80	BUENO
229	0 + 22800.00	0 + 22900.00	80	MUY BUENO
230	0 + 22900.00	0 + 23000.00	79	MUY BUENO
231	0 + 23000.00	0 + 23100.00	82	MUY BUENO
232	0 + 23100.00	0 + 23200.00	80	MUY BUENO
233	0 + 23200.00	0 + 23300.00	80	REGULAR

Anexo 7: Resultados PSI Tramo de ida.

Tramo n°	TRAMOS (m)	PSI	CLASIFICACION PSI
1	100	3.4	BUENO
2	200	3.3	BUENO
3	300	3.0	BUENO
4	400	3.0	BUENO
5	500	3.0	BUENO
6	600	3.2	BUENO
7	700	3.7	BUENO
8	800	2.9	BUENO
9	900	3.1	BUENO
10	1000	3.5	BUENO
11	1100	3.1	BUENO
12	1200	2.7	BUENO
13	1300	3.5	BUENO
14	1400	3.2	BUENO
15	1500	3.3	BUENO
16	1600	3.2	BUENO
17	1700	2.1	REGULAR
18	1800	2.8	BUENO
19	1900	2.2	BUENO
20	2000	2.7	BUENO
21	2100	3.0	MALO
22	2200	3.1	BUENO
23	2300	3.5	BUENO
24	2400	3.0	MALO
25	2500	4.0	BUENO
26	2600	3.7	BUENO
27	2700	2.4	BUENO
28	2800	2.9	BUENO
29	2900	2.6	BUENO
30	3000	4.1	BUENO
31	3100	3.5	BUENO
32	3200	3.2	BUENO
33	3300	3.5	BUENO
34	3400	3.1	BUENO
35	3500	1.9	REGULAR
36	3600	1.9	REGULAR
37	3700	2.4	BUENO
38	3800	2.3	BUENO
39	3900	1.2	REGULAR
40	4000	2.1	BUENO
41	4100	3.1	BUENO
42	4200	3.2	BUENO
43	4300	3.3	REGULAR
44	4400	1.2	REGULAR
45	4500	3.1	BUENO
46	4600	3.7	BUENO
47	4700	3.2	BUENO
48	4800	3.1	BUENO
49	4900	3.4	BUENO
50	5000	3.2	REGULAR
51	5100	3.1	BUENO
52	5200	2.9	BUENO
53	5300	1.8	REGULAR
54	5400	1.5	REGULAR
55	5500	1.7	REGULAR
56	5600	1.5	REGULAR
57	5700	3.2	BUENO
58	5800	3.7	BUENO
59	5900	1.5	REGULAR
60	6000	2.2	BUENO
61	6100	3.1	BUENO
62	6200	3.7	BUENO
63	6300	3.5	BUENO
64	6400	3.4	BUENO
65	6500	3.2	BUENO
66	6600	3.1	BUENO
67	6700	3.5	BUENO
68	6800	3.4	BUENO
69	6900	3.1	BUENO
70	7000	1.2	REGULAR
71	7100	1.3	REGULAR
72	7200	2.5	BUENO
73	7300	3.7	BUENO
74	7400	3.5	BUENO
75	7500	3.4	BUENO
76	7600	1.0	MALO
77	7700	1.2	REGULAR
78	7800	3.5	BUENO
79	7900	3.4	BUENO
80	8000	3.2	BUENO
81	8100	3.1	BUENO
82	8200	3.4	BUENO
83	8300	3.4	BUENO
84	8400	3.4	BUENO
85	8500	3.4	BUENO
86	8600	3.0	MALO
87	8700	1.2	REGULAR
88	8800	3.8	BUENO
89	8900	3.7	BUENO
90	9000	1.4	REGULAR
91	9100	1.3	REGULAR
92	9200	1.3	REGULAR
93	9300	3.2	BUENO
94	9400	3.7	BUENO
95	9500	3.7	BUENO
96	9600	3.5	BUENO
97	9700	3.2	BUENO
98	9800	3.0	BUENO
99	9900	3.2	BUENO
100	10000	1.8	REGULAR
101	10100	2.4	REGULAR
102	10200	2.0	REGULAR
103	10300	1.5	REGULAR
104	10400	1.5	BUENO
105	10500	4.2	BUENO
106	10600	1.8	REGULAR
107	10700	1.9	REGULAR
108	10800	2.2	BUENO
109	10900	2.1	BUENO
110	11000	1.8	REGULAR
111	11100	2.0	REGULAR
112	11200	2.4	BUENO
113	11300	2.1	BUENO
114	11400	2.1	BUENO
115	11500	3.8	BUENO
116	11600	2.2	BUENO
117	11700	2.3	BUENO
118	11800	3.3	BUENO

Anexo 8: Resultados PSI Tramo de vuelta

119	11900	2.2	REGULAR
120	12000	2.1	REGULAR
121	12100	2.7	REGULAR
122	12200	2.9	REGULAR
123	12300	2.5	REGULAR
124	12400	2.2	REGULAR
125	12500	2.2	REGULAR
126	12600	2.4	REGULAR
127	12700	3.0	REGULAR
128	12800	3.3	MUY BUENO
129	12900	2.9	REGULAR
130	13000	1.8	MALO
131	13100	2.0	MALO
132	13200	1.8	MALO
133	13300	2.5	REGULAR
134	13400	2.7	REGULAR
135	13500	1.8	MALO
136	13600	1.9	MALO
137	13700	1.8	MALO
138	13800	2.6	REGULAR
139	13900	1.7	MALO
140	14000	1.6	MALO
141	14100	2.5	REGULAR
142	14200	2.4	REGULAR
143	14300	2.6	REGULAR
144	14400	2.5	REGULAR
145	14500	2.5	REGULAR
146	14600	1.8	MALO
147	14700	1.8	MALO
148	14800	1.4	MALO
149	14900	1.9	MALO
150	15000	1.9	MALO
151	15100	2.1	REGULAR
152	15200	2.6	REGULAR
153	15300	1.2	MALO
154	15400	1.5	MALO
155	15500	1.6	MALO
156	15600	1.7	MALO
157	15700	2.2	REGULAR
158	15800	2.4	REGULAR
159	15900	2.5	REGULAR
160	16000	2.1	REGULAR
161	16100	2.0	REGULAR
162	16200	1.6	MALO
163	16300	1.5	MALO
164	16400	1.5	MALO
165	16500	1.3	MALO
166	16600	1.2	MALO
167	16700	1.6	MALO
168	16800	1.9	MALO
169	16900	1.8	MALO
170	17000	3.2	MUY BUENO
171	17100	3.5	MUY BUENO
172	17200	3.4	MUY BUENO
173	17300	4.4	BUENO
174	17400	3.1	MUY BUENO
175	17500	1.7	MALO
176	17600	1.4	MALO
177	17700	2.2	REGULAR
178	17800	2.5	REGULAR
179	17900	2.3	REGULAR
180	18000	2.5	REGULAR
181	18100	1.9	MALO
182	18200	1.8	MALO
183	18300	2.1	REGULAR
184	18400	2.6	REGULAR
185	18500	2.2	REGULAR
186	18600	2.4	REGULAR
187	18700	2.9	REGULAR
188	18800	2.8	REGULAR
189	18900	2.2	REGULAR
190	19000	3.0	REGULAR
191	19100	3.1	MUY BUENO
192	19200	2.1	REGULAR
193	19300	2.2	REGULAR
194	19400	2.7	REGULAR
195	19500	2.4	REGULAR
196	19600	2.9	REGULAR
197	19700	2.0	MALO
198	19800	2.1	REGULAR
199	19900	2.2	REGULAR
200	20000	2.5	REGULAR
201	20100	2.5	REGULAR
202	20200	1.2	MALO
203	20300	2.0	MALO
204	20400	1.2	MALO
205	20500	2.4	REGULAR
206	20600	2.5	REGULAR
207	20700	2.1	REGULAR
208	20800	1.3	MALO
209	20900	2.6	REGULAR
210	21000	2.7	REGULAR
211	21100	1.7	MALO
212	21200	3.0	MUY BUENO
213	21300	3.2	MUY BUENO
214	21400	3.5	MUY BUENO
215	21500	3.3	MUY BUENO
216	21600	3.7	MUY BUENO
217	21700	2.1	REGULAR
218	21800	1.1	MALO
219	21900	2.2	REGULAR
220	22000	2.1	REGULAR
221	22100	2.6	REGULAR
222	22200	3.0	MUY BUENO
223	22300	3.7	MUY BUENO
224	22400	2.7	REGULAR
225	22500	2.6	REGULAR
226	22600	2.4	REGULAR
227	22700	2.4	REGULAR
228	22800	3.3	MUY BUENO
229	22900	3.3	MUY BUENO
230	23000	3.4	MUY BUENO
231	23100	3.1	MUY BUENO
232	23200	4.0	BUENO
		2.00	REGULAR

Anexo 9: Mantenimiento para cada falla según la norma ASTM D6433-11

FALLAS	UNIDAD	SEVERIDAD	MANTENIMIENTO
PIEL DE COCODRILO	m2	L	Ninguna acción
		M	Sellado de la superficie con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.
		H	Bacheo profundo; incluido reposición de base granular.
EXUDACIÓN	m2	L	Ninguna acción
		M	Ninguna acción
		H	Aplicar calor y rodillar arena dura sobre superficie
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	L	Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.
		M	Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.
		H	Sellado de la superficie afectada con material bituminoso con recubrimiento agregado pétreo.
ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS	m2	L	Ninguna acción
		M	Bacheo superficial nivelante; mezcla en frío / en caliente
		H	Bacheo profundo; incluida reposición de base
CORRUGACIÓN	m2	L	Ninguna acción
		M	Bacheo parcial capa asfáltica; mezclas en frío / en caliente.
		H	Bacheo profundo; incluida reposición de base
DEPRESIÓN	m2	L	Ninguna acción
		M	Restauración de la fisura para rodamiento-corte de escalonamiento
		H	Bacheo profundo con mezcla asfáltica
GRIETA DE BORDE	m	L	Ninguna acción
		M	Bacheo parcial capa asfáltica; mezclas en frío / en caliente.
		H	Bacheo profundo; incluyendo reposición base granular
GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	m	L	Ninguna acción
		M	Sellado de fisuras con emulsión bituminosa o asfalto líquido + arena.
		H	Sellado de fisuras con mortero asfáltico (asfalto líquido o emulsión + arena).
DESNIVEL CARRIL / BERMA	m	L	Ninguna acción
		M/H	Escarificación y revestimiento o superficie existente y construcción de base granular
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	L	Aplicar sellado de superficie con emulsión bituminosa o rejuvenecedora.
		M	Sellado de fisuras con asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena.
		H	Sellado de fisuras con mortero asfáltico; asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena
PARCHEO	m2	L	Ninguna acción
		M	Ninguna acción
		H	Sustitución de las áreas reparadas mediante bacheo parcial o bacheo profundo s/ necesidades específicas de cada caso.
PULIMENTOS DE AGREGADOS	m2		Sellado de la superficie con lechada asfáltica (slurry seal).
			Tratamiento superficial bituminoso doble o triple s/tránsito
HUECOS	N°	L	Bacheo superficial+ sellado de superficie (preventivo)
		M	Bacheo parcial (capa asfáltica); mezcla en frío/caliente.
		H	- Bacheo profundo + recapado mezcla asfáltica en caliente.
AHUELLAMIENTO	m2	L	Ninguna acción: vigilar posible evolución.
		M	Bacheo superficial nivelante: mezcla en frío / en caliente.
		H	Perfilado en frío y reposición con recapado con mezcla en caliente.
DESPLAZAMIENTO	m2	L	Ninguna acción
		M	Bacheo superficial nivelante: mezcla en frío / en caliente.
		H	Perfilado en frío y reposición con mezcla asfáltica en caliente (alta estabilidad).
GRIETAS PARABOLICAS	m2		Aplicar sellado de superficie afectada con emulsión bituminosa.
			Escarificación carpeta asfáltica existente y reposición con mezcla asfáltica en caliente.
HINCHAMIENTO	m2	L	Ninguna acción
		M	Perfilado en frío + tratamiento superficial.
		H	Bacheo profundo; incluida reposición de base granular.
DESPRENDIMIENTOS DE AGREGADOS	m2	L	Aplicar riego con emulsión bituminosa o rejuvenecedora en toda la superficie
		M	Sellado de la superficie afectada con material bituminoso y recubrimiento de arena.
		H	Tratamiento superficial asfáltico doble o triple s/volumen de tránsito.

Anexo 10 : Propuesta de costos para reparación de fallas críticas

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S./)	PARCIAL (S./)
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	TRAZO	m ²	251.93	2.14	539.13
1.2	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	2,200.00	2,200.00
2	SEGURIDAD Y SALUD				
2.1	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	UND	15.00	203.99	3,059.85
2.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	GLB	1.00	1,250.75	1,250.75
2.3	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	GLB	1.00	2,198.86	2,198.86
3	DEMOLICIONES				
3.1	DEMOLICIÓN PAVIMENTO ASFALTICO ESPESOR 2 "	m ²	251.93	4.18	1,053.07
3.2	CORTE DE PAVIMENTO ASFALTICO CON EQUIPO ALT 2 "	m	210.00	3.11	653.10
3.4	ACARREO DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN	m3	3.00	26.93	80.79
3.5	ELIMINACIÓN DE DEMOLICIÓN	m3	39.03	48.73	1,901.93
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
4.1	CORTE DE MATERIAL A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	24.74	7.71	190.75
4.2	PEINADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m ²	56.55	3.92	221.69
4.3	SUBBASE CON MATERIAL DE PRÉSTAMO ESPESOR 20 cm	m ²	56.55	2.94	166.27
4.4	BASE CON MATERIAL DE PRÉSTAMO ESPESOR 15 cm	m ²	56.55	16.34	924.09
4.5	ACARREO DE MATERIAL DE CORTE	m3	3.00	26.93	80.79
4.6	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	24.74	48.73	1,205.58
5	PAVIMENTO				
5.1	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON MC - 30	m ²	251.93	3.09	778.46
5.2	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2 "	m ²	251.93	30.43	7,666.23
6	VARIOS				
6.1	LIMPIEZA FINAL	m ²	251.93	0.34	85.66
	COSTO DIRECTO				24,257.00
	Gastos Generales 10%				2,425.70
	Utilidad 10%				2,425.70
	Subtotal de Presupuesto				29,108.40
	IGV 18%				5,239.51
	PRESUPUESTO TOTAL				34,347.91

Anexo 11 : Plano de Localización de la Avenida Universitaria



FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1993). "Design of Pavement Structures"
<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
- Alarcón, K. (2018). "Evaluación del estado superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) y su influencia en el confort de servicio de la explanada de Sacsayhuamán-cusco". (Tesis de titulación, Universidad Andina del Cusco). Repositorio Universidad Andina del Cusco
<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1851>
- Al-Neami, M., Al-Rubae, R., & Kareem, Z. (2017). "Evaluación de Condición del Pavimento en Carreteras de la Ciudad de Al-Kut"
https://www.researchgate.net/publication/328611822_Evaluation_of_Pavement_Condition_Index_for_Roads_of_Al-Kut_City
- Al – Omari, B. & Darter, M. (1994) "Relationships between international roughness index and present serviceability rating" Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board.
https://www.researchgate.net/publication/303142433_Relationships_between_international_roughness_index_and_present_serviceability_rating
- Angulo, J. (2017). "Evaluación del pavimento mediante el método Pavement Condition Index en un sistema de conformación geográfica para calcular costos de mantenimiento. Caso Avenida Los Constructores - La Molina" (Tesis de Pregrado, Universidad de San Martín de Porres) Repositorio Digital Universidad de San Martín de Porres
https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5130/angulo_bjs.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Araníbar, M. & Saavedra, K. (2019). "Determinación Del Estado Actual Del Pavimento Mediante La Medición Del Índice De Condición Del Pavimento (Pci) Y El Índice De Rugosidad Internacional (Iri) En La Vía Principal Izcuchaca - Huarcocondo" (Tesis de Titulación, Universidad Andina del Cusco) Repositorio Digital Universidad Andina del Cusco
<https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3151/Mary>

[Kiara Tesis bachiller 2019 Part.1.pdf?sequence](#)

ASTM (2011). "Manual D6433-11, Procedimiento Estándar para la Inspección del índice de condición del Pavimentos en Caminos y Estacionamientos"

<https://www.mts.com/la/applications/materials/test-standard/astm>

Ávila, T., Aguiar, J., Badilla, G., Barrantes, R. & Loría, L. (2013). "Calibración Del Modelo De Serviciabilidad De Pavimentos Flexibles De AASHTO Para Costa Rica" (Programa de Infraestructura del Transporte, PITRA)

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1372>

Caro, F. & Peña, G. (2012). "Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica" INTEKHNIA

<https://docplayer.es/34453567- Analisis-y-criterios-para-el-calculo-del-indice-de-rugosidad-internacional-iri-f-caro-g-pena.html>

Carollo, M. (2012). Regresión Lineal Simple.

https://www.academia.edu/43650686/Regresi%C3%B3n_lineal_simple_REGRESI%C3%93N_LINEAL_SIMPLE

Chuquilin, M. (2019) "Evaluación del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca en zona alto andina con aplicación del método índice de condición del pavimento en el año 2017". (Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Cajamarca). Repositorio Digital Universidad Nacional de Cajamarca

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3022>

Coral, J & León. F (2020). "Índices de la condición superficial del pavimento para determinar el modelo de regresión en la avenida Defensores del Morro" (Tesis de Titulación, Universidad de San Martín de Porres) Repositorio Digital Universidad de San Martín de Porres

<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7233>

Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2009). "Manual de Evaluación de Pavimentos".

Editorial MTI. <https://www.libreriaingeniero.com/2021/03/manual-de-evaluacion-de-pavimentos-ing-maylin-corros-ing-ernesto-urbaez-ing-gustavo-corredor.html>

- De Solminihaç, H., Echaveguren, T., & Chamorro, A. (2018). "Gestión de Infraestructura Vial 3° Edición" Ediciones UC <https://ediciones.uc.cl/gestion-de-infraestructura-vial-config-9789561422759.html>
- Del Águila, P. (1999). "Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión" https://www.academia.edu/33814971/METODOLOGIA_PARA_LA_DETERMINACION_DE_LA_RUGOSIDAD_DE_LOS_PAVIMENTOS_CON_EQUIPO_DE_BAJO_COSTO_Y_GRAN_PRECISION_1
- Deroussen, M. (2005). "Modelos empíricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones". (Tesis de Titulación, Tecnológico de Monterrey). Repositorio Digital Tecnológico de Monterrey <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/567179>
- Gamboa Chicchón, K. (2009). "Cálculo del Índice de Condición aplicado en el Pavimento Flexible en la Av. Las Palmeras De Piura". (Tesis de Titulación, Universidad de Piura) Repositorio Digital Universidad de Piura https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_faddbac7cef2b4ace82a38bce2f18bb2/Details
- Humpiri, K. (2015). "Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la Región Puno" (Tesis de Postgrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez) Repositorio Digital Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez <https://es.studenta.com/content/132555166/249337494-tesis-analisis-superficial-de-pavimentos>
- Jones, H. & Forslof, L. (2014). "Continuous Road Condition Monitoring with Smartphones" Roadroid <https://www.davidpublisher.com/Article/index?id=7647.html>
- Luna, D. (2016). "Diseño Estructural del Pavimento Rígido para el Mejoramiento de las Obras Viales Yauli - Oroya, 2016" (Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo) Repositorio Digital Universidad Cesar Vallejo https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13587/Luna_MDJ.pdf?sequence

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC (2018). “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018” https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC. (2021). Estado del pavimento por departamento (Red Vial Nacional) Provías Nacional <http://spwgm.provias.gob.pe/webmap>
- Miranda, R. (2010). “Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos, Chile” (Tesis de Pregrado, Universidad Austral de Chile) Repositorio Digital Universidad Austral de Chile <https://www.yumpu.com/es/document/view/22793272/deterioros-en-pavimentos-flexibles-y-ra-gidos-cybertesis-uach>
- Menéndez, J. (2012). “Ingeniería de pavimentos: Materiales, Diseño y Conservación”. [Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia](#). Repositorio Digital Universidad Nacional Federico Villareal http://biblioteca.unfv.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=33345&shelfbrowse_itemnumber=51399
- Montejo, A. (2002). “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras (2ªed)”. Editorial Stella Valbuena de Fierro https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca
- Montoya, J. (2013). “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú” (Tesis de Maestría, Universidad de Piura) Repositorio Digital Universidad de Piura https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDEP_f32967ed2e2a105078e1e4b8e996676c/Details
- Onofre, J., Sánchez, J. & Viana, W. (2008). Determinación del Índice de Rugosidad Internacional de pavimentos usando el Perfilómetro romdas z-250” (Tesis de Titulación, Universidad de El Salvador). Repositorio Digital Universidad de El Salvador

<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4385/1/Determinaci%C3%B3n%20del%20indice%20de%20rugosidad%20internacional%20de%20pavimentos%20usando%20el%20perfilometro%20ROMDAS%20Z-250.pdf>

Psalmen, R. & Sejahtera, M. (2019). "Estudio de relación del IRI y PCI en pavimento flexible" MATEC Web of Conferences <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925803019>

Queirolo, A. (2009). "Seguimiento de un doble tránsito superficial para camino de alto tránsito". (Tesis de titulación, Universidad de Chile). Repositorio Digital Universidad de Chile <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103525aguilera>

Quispe, H. (2018). "Correlación de las metodologías Índice de Condición de Pavimentos y el Índice de Serviabilidad Presente en la avenida Bolognesi, tramo: Av. Huancavelica – Av. Ferrocarril – El Tambo". (Tesis de Titulación, Universidad Continental). Repositorio Digital Universidad Continental <https://hdl.handle.net/20.500.12394/5159>

Ramos, L. (2018) "Estudio del índice de Regularidad Internacional en vías pavimentadas mediante el uso del perfilómetro Láser Romdas" Repositorio Digital Pontificia Universidad Católica del Perú <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/11734>

Ramos, C. & Ramos, R. (2018). "Evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI en la vía: Palca-Lamina-Huancavelica". (Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Huancavelica). Repositorio Digital Universidad Nacional de Huancavelica <https://repositorio.unh.edu.pe/items/b0d36751-e1c9-4a28-8e70-1c94e246f933>

Rodríguez, E. (2009). "Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla". (Tesis de Titulación, Universidad de Piura). Repositorio digital Universidad de Piura <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1350>

Rondón, H. & Reyes, F. (2015). "Pavimentos: Materiales, construcción y diseño (2ªed)." Ecoe Ediciones <https://www.libreriaingeniero.com/2020/12/pavimentos-materiales->

construccion-y-diseno-hugo-rondon-fredy-reyes-lizcano.html

Rohmita, G. (2021). "Evaluación de Las Condiciones De Las Carreteras Utilizando El Método Pci con la aplicación Roadroid En Carretera Palagan Km. 12 - Km. 15 Región Especial De Yogyakarta". (Tesis de Titulación, Universidad de Gadjah Mada). Repositorio Digital Universidad de Gadjah Mada
<https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/195402>

Solis, R. (2021) "RN03: Regresión No Lineal" Youtube.
<https://youtu.be/V6bV0oXZS8w>

Vásquez, L. (2002). "PCI en Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras"
Ingepav
https://www.academia.edu/33709255/PAVEMENT_CONDITION_INDEX_PCI_PARA_PAVIMENTOS_ASF%C3%81LTICOS_Y_DE_CONCRETO_EN_CARRETERAS

Valderrama, S. (2013). "Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica Cualitativa, Cuantitativa y Mixta (2ªed)." Editorial San Marcos
<https://pdfcoffee.com/pasos-para-elaborar-proyectos-de-investigacion-cientifica-santiago-valderrama-mendoza-9-pdf-free.html>