



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Índice de regularidad internacional usando aplicativos móviles para
establecer el nivel de servicio de la superficie de rodadura

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Rios Tapia, Jose Enrique
ORCID: 0000-0001-6175-7136

Torres Contreras, Luis Jose
ORCID: 0000-0002-4388-5211

ASESOR

Huamán Guerrero, Néstor Wilfredo
ORCID: 0000-0002-7722-8711

Lima, Perú
2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Rios Tapia, Jose Enrique

DNI: 47012028

Torres Contreras, Luis Jose

DNI: 71263210

Datos de asesor

Huamán Guerrero, Néstor Wilfredo

DNI: 10281360

Datos del jurado

JURADO 1

Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel

DNI: 31615059

ORCID: 0000-0002-4568-9759

JURADO 2

Arévalo Lay, Víctor Eleuterio

DNI: 04434662

ORCID: 0000-0002-2518-8201

JURADO 3

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0002-6949-1317

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, quienes me brindaron todo su apoyo y conocimiento a lo largo de mi etapa como estudiante y durante toda mi vida.

Jose Enrique Rios Tapia

Dedico esta tesis a Dios por permitirme llegar hasta aquí. A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades. Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi hijo que su llegada me inspira mayor esfuerzo, dedicación y felicidad.

Luis Jose Torres Contreras

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater y asesores, ya que nos brindaron amplios conocimientos a lo largo del desarrollo de esta tesis y contribuyeron enormemente en los análisis y respuestas que se obtuvieron en la investigación. Así mismo, un agradecimiento a las personas que nos apoyaron durante el proceso de nuestra tesis.

Jose Enrique Rios Tapia
Luis Jose Torres Contreras

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCION	iii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Formulación y delimitación del problema	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Problema General	1
1.1.3. Problemas Específicos.....	1
1.2. Importancia y justificación del estudio	2
1.2.1. Importancia.....	2
1.2.2. Justificación.....	2
1.3. Limitaciones del estudio	2
1.4. Objetivos.....	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos Específicos	2
1.5. Limitaciones de la investigación.....	3
1.6. Viabilidad de la investigación.....	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.2. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	5
2.2.1. Tesis Nacionales.....	5
2.2.2. Tesis Internacionales	9
2.3. Estudio y presentación general de los pavimentos	11
2.3.1. Definición de pavimentos.....	11
2.3.2. Clasificación de los pavimentos	11
2.3.3. Componentes de la estructura del pavimento.....	14
2.3.4. Pavimentos asfálticos	14
2.3.5. Mezclas asfálticas.....	15
2.3.6. Características del pavimento asfáltico	16
2.3.7. Ciclo de vida del pavimento asfáltico	17
2.3.8. Fallas en pavimentos asfálticos	20
2.3.9. Evaluación de pavimentos.....	23

2.4. Serviciabilidad	24
2.5. Rugosidad de los pavimentos	26
2.5.1. Causas posibles de la rugosidad	27
2.5.2. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos.....	28
2.5.3. Importancia de la rugosidad del pavimento	28
2.6. Índice de regularidad internacional (IRI).....	29
2.7. Modelo del cuarto de coche	33
2.8. Importancia del índice de regularidad internacional (IRI).....	34
2.9. Métodos de medición del IRI.....	35
2.9.1. Clase 1. Perfiles de alta precisión.....	35
2.9.2. Clase 2. Otros métodos perfilométricos	36
2.9.3. Clase 3. Estimaciones del IRI mediante correlaciones.....	37
2.9.4. Clase 4. Valoraciones subjetivas y medidas sin calibrar.....	37
2.10. Aplicativos móviles utilizados para evaluar el IRI.....	38
2.10.1. Abakal	38
2.10.2. TotalPave.....	39
2.11. Normativa peruana respecto a la metodología de control IRI.....	40
2.12. Mediciones del iri en el Perú	42
2.13. Especificaciones técnicas para las mediciones del IRI en el Perú	44
CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS	45
3.1. Hipótesis	45
3.1.1. Hipótesis general	45
3.1.2. Hipótesis específica.....	45
3.2. Definición de variables	45
3.2.1. Variables independientes.....	45
3.2.2. Variables dependientes.....	45
3.2.3. Cuadro de operacionalización de variables	51
CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	48
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	48
4.2. Diseño de investigación	48
4.3. Diseño de ingeniería	49
4.4. Método de la investigación.....	50
4.5. Población y muestra.....	50
4.6. Técnicas e instrumentos para captura de datos	50

CAPITULO V: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....	58
5.1. Índice de regularidad internacional según el perfilometro laser.....	58
5.2. Índice de regularidad internacional con aplicativos móviles.....	66
5.3. Comparación de resultados obtenidos entre el perfilometro laser y los aplicativos móviles.....	127
5.4. Contrastación de la hipótesis	133
5.4.1. Hipótesis especifica 1	133
5.4.2. Hipótesis especifica 2	133
5.4.3. Hipótesis especifica 3	133
CONCLUSIONES	135
RECOMENDACIONES	136
REFERENCIAS.....	137

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Escala de clasificación de serviciabilidad.....	25
Tabla N° 02: Especificaciones de otros países para el control del IRI	31
Tabla N° 03: Consolidado de exigencias de rugosidad en concesiones viales en el Perú.	43
Tabla N° 04: Niveles de servicio par calzada.....	44
Tabla N° 05: Tabla de operacionalizacion de variables	51
Tabla N° 06: Valores obtenidos con el perfilómetro laser.....	59
Tabla N° 07: Parámetros obtenidos de los datos obtenidos por el perfilómetro laser	65
Tabla N° 08: Valores obtenidos con el totalpave muestra 1	66
Tabla N° 09: Parámetros obtenidos de los datos recolectados por el total pave.....	74
Tabla N° 10: Valores obtenidos con el total pave muestra 2.....	75
Tabla N° 11: Parámetros obtenidos de los datos recolectados por el abakal.....	90
Tabla N° 12: Valores obtenidos con el total pave muestra 3.....	90
Tabla N° 13: Parámetros obtenidos de los datos recolectados por el total pave	104
Tabla N° 14: IRI promedio de las tres muestras	105
Tabla N° 15: Valores obtenidos con el total pave muestra 1	106
Tabla N° 16: Parámetros obtenidos de los datos recolectados por el total pave	112
Tabla N° 17: Valores obtenidos con el total pave muestra 2.....	112
Tabla N° 18: Parámetros obtenidos de los datos recolectados por el total pave muestra 2.	119
Tabla N° 19: Valores obtenidos con el total pave muestra 3.....	119
Tabla N° 20: Parámetros obtenidos de los datos recolectados por el total pave muestra 3.	126
Tabla N° 21: IRI promedio de las tres muestras	126
Tabla N° 22: Comparación de resultados entre aplicativos móviles y perfilómetro laser...	127
Tabla N° 23: Desviación estándar de los aplicativos y el perfilómetro	130
Tabla N° 24: Covariancia hallada para correlación	131
Tabla N° 25: Correlación encontrada entre el perfilómetro y los aplicativos.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del pavimento flexible.....	14
Figura 2. Estructura del pavimento rígido.....	15
Figura 3. Estructura del pavimento articulado.....	15
Figura 4. Sección de la estructura del pavimento.....	16
Figura 5: Transferencia de carga en la estructura del pavimento.....	19
Figura 6: Ciclo de vida de una vía sin mantenimiento.....	21
Figura 7: Ciclo de vida de un camino con y sin mantenimiento.....	22
Figura 8. Perfil longitudinal real de una carretera.....	31
Figura 9. Escala de valores del IRI y características de los pavimentos.....	35
Figura 10. Escala de estimación de rugosidad de vías para caminos pavimentados con concreto asfáltico o tratamiento superficial.....	36
Figura 11. Modelo del cuarto de carro.....	38
Figura 12. Modelo del cuarto de carro.....	41
Figura 13. Perfilómetro APL.....	42
Figura 14. Aplicativo móvil Abakal.....	43
Figura 15. Modelo de cuarto de carro Nota.....	44
Figura 16. Aplicativo móvil Total Pave.....	44
Figura 17: Carretera Escogida.....	52
Figura 18: Auto Kia Cerato utilizado para la obtención de data del trabajo de investigación.....	53
Figura 19: Teléfonos móviles utilizados para la obtención de data del trabajo de investigación.....	53
Figura 20: Aplicativo móvil ABAKAL.....	54
Figura 21: Sujetador de celular instalado y aplicativo móvil ABAKAL en marcha.....	54
Figura 22: Icono a presionar para dar inicio al aplicativo.....	55
Figura 23: Icono para dar inicio a la toma de datos.....	55
Figura 24: Aplicativo móvil TOTAL PAVE.....	56
Figura 25: Listo para dar inicio a recopilación de datos.....	56
Figura 26: Modo lento.....	57
Figura 27: Detener colección de datos.....	58
Figura 28: Almacenamiento de registros de IRI.....	58
Figura 29: Evaluación de IRI según recorrido de la carretera estudiada.....	59

Figura 30: Tramo de Estudio de la carretera Huánuco – Tingo María (0+030 – 0+90).....	60
Figura 31: Valores IRI obtenidas según las progresivas obtenidas.....	68
Figura 32: Valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.....	77
Figura 33: Valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.....	86
Figura 34: Valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.....	95
Figura 35: Valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.....	107
Figura 36: Valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.....	119
Figura 37: Valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.....	131
Figura 38: Valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.....	136

RESUMEN

Conocer la regularidad superficial de una carretera en cualquier momento de su vida útil, resulta determinante para poder tomar acciones rápidas en materia de rehabilitación o conservación. Sin embargo, en nuestro país existen sectores con limitaciones presupuestales que no pueden llevar a cabo las tomas de datos sobre la condición de sus pavimentos, con equipos de Clase 1. En tal sentido, esta investigación se enfocó en obtener el Índice de Regularidad Internacional (IRI) de la carretera PE-18, una carretera de primera clase que une las ciudades de Huánuco - Tingo María, tramo km 30+000 – 60+000, las mediciones se realizaron con los aplicativos móviles Abakal y TotalPave, a fin de determinar el nivel de servicio de la superficie de rodadura.

El tipo de investigación que presentamos en el siguiente trabajo es descriptivo explicativo, debido a que pretende explicar el alcance de los aplicativos móviles al momento de encontrar el IRI y de esta manera hallar el nivel de servicio de la superficie de rodadura.

Durante el desarrollo de nuestra investigación se marcaron dos fases importantes, la primera consistió en la preparación de los aplicativos móviles, la planificación de los trabajos de campo que se realizaron, donde se utilizó los aplicativos móviles Abakal y Total Pave ambos instalados en dos teléfonos smartphone de la marca Samsung Galaxy A51 y Samsung Galaxy A21, además se utilizó un automóvil de la marca y modelo Kia Cerato de año de fabricación 2013, la toma de muestra se realizó con velocidades entre 35 a 70 km/h, la longitud de la carretera estudiada de 30 km, con una sección de calzada entre 6.50m a 7.0m, se determinó un IRI promedio cada 100 m. La segunda fase abarcó íntegramente al análisis de toda la información obtenida donde en principio se contrasta que el IRI obtenido con el perfilómetro laser es de 2.35 m/km, mientras que con el aplicativo TotalPave es 3.53 m/km y con el Abakal es 3.62 m/km.

Luego de la evaluación de todos los resultados obtenidos por los aplicativos, se pasó a obtener el grado de confiabilidad de estos, mediante la comparación de resultados con el equipo de perfilómetro laser, obteniendo que el aplicativo Total Pave tiene un grado de confiabilidad de 75.52%, y el aplicativo Abakal un grado de confiabilidad de 67.35%

Palabras Clave: Regularidad superficial, rugosidad, serviciabilidad, carretera de primera clase, índice de regularidad internacional (IRI), rehabilitación, conservación.

ABSTRACT

Knowing the surface regularity of a road at any time during its useful life is decisive in order to be able to take quick actions in terms of rehabilitation or conservation. However, in our country there are sectors with budget limitations that cannot carry out data collection on the condition of their pavements, with Class 1 equipment. In this sense, this research focused on obtaining the International Regularity Index (IRI) of the PE-18 highway, a first-class highway that connects the cities of Huánuco - Tingo María, section km 30+000 – 60+000, the measurements were made with the mobile applications Abakal and TotalPave, in order to determine the service level of the tread.

The type of research presented in the following work is descriptive-explanatory, because it aims to explain the scope of mobile applications when finding the IRI and thus find the service level of the road surface.

During the development of our research, two important phases were marked, the first consisted of the preparation of the mobile applications, the planning of the field work that was carried out, where the Abakal and Total Pave mobile applications were produced, both installed on two smartphones. of the Samsung Galaxy A51 and Samsung Galaxy A21 brand, in addition a car of the brand and model Kia Cerato of year of manufacture 2013 is driven, the sampling was carried out with speeds between 35 to 70 km/h, the length of the road studied of 30 km, with a roadway section between 6.50 m and 7.0 m, an average IRI will be limited every 100 m. The second phase fully covered the analysis of all the information obtained where, in principle, it is contrasted that the IRI obtained with the laser profilometer is 2.35 m/km, while with the TotalPave application it is 3.53 m/km and with the Abakal is 3.62 m/km. After the evaluation of all the results obtained by the applications, the degree of reliability of these was obtained, by comparing the results with the laser profilometer equipment, obtaining that the Total Pave application has a degree of reliability of 75.52%, and the Abakal application a degree of reliability of 67.35%

Keywords: Surface regularity, roughness, serviceability, first class road, international regularity index (IRI), rehabilitation, conservation.

INTRODUCCION

Según el Banco mundial, el Índice de regularidad internacional (IRI), es el parámetro más importante para controlar el nivel de servicio de la superficie de rodadura de un pavimento. Nuestro país no es ajeno a la normativa acerca de las mediciones de IRI en distintas carreteras del territorio nacional. Así mismo, dado que actualmente todas las mediciones de IRI en el Perú se realizan con perfilómetro laser, esta investigación busca determinar si la data obtenida de IRI utilizando aplicativos de teléfonos inteligentes, guarda alguna relación con la data obtenida con equipos de Clase 1; con la finalidad de establecer la condición de servicio de la carretera PE 18^a, que une las ciudades de Huánuco – Tingo María, tramo 30+000 Km a 60+000 Km.

Hoy en día, las limitaciones presupuestales de muchas entidades en nuestro país, hacen que se obvие el control de calidad en las diferentes obras de pavimentación, tanto una vez finalizados los proyectos, como cuando ya la obra está puesta en operación. En tal sentido, si el análisis de datos brinda una correlación aceptable entre el perfilómetro y los aplicativos móviles, estaríamos hablando de un punto de partida para la utilización de estas herramientas alternativas en la medición de IRI en las distintas carreteras de nuestro país, obteniendo un primer análisis o aporte que permitirá decidir en qué vías se deben tomar acciones correctivas con urgencia o cual es el plan a seguir en base al resultado de estos primeros datos.

Nuestro país tiene indudablemente una geografía muy diversa y a la vez una multiculturalidad, que vuelve cualquier región un potencial punto de desarrollo de trabajo y turismo. Muchas de las carreteras no se encuentran en óptimas condiciones y se toman malas decisiones a la hora de aplicar medidas correctivas. En tal sentido, esta investigación buscará demostrar que tan confiable resulta determinar la condición de servicio de una carretera con aplicativos móviles, determinando que similitud hay con la data obtenida con un perfilómetro laser.

Esta carretera posee una gran cantidad de IMD de transporte de carga, pública y privada, al ser una ruta que une la selva del Perú con la capital y la zona este del Perú. Al recorrer la carretera estudiada se observa que el nivel de servicio de la superficie de rodadura presenta fallas e imperfecciones que están vinculadas primordialmente a la calidad de la carpeta asfáltica y el estado general de la superficie de rodadura, por lo que, la evaluación, identificación y determinación será uno de nuestros objetivos, para esto se utilizara los aplicativos móviles Abakal y Total Pave, para hallar el IRI de la carretera estudiada y de esta manera encontrar su nivel de servicio.

Encontrar el nivel de servicio de la superficie de rodadura, ayudara a mejorar la transitabilidad vehicular y de esta manera poder desarrollar planes de mantenimiento, renovación o reconstrucción vial.

Este trabajo de investigación consta de cinco capítulos: en el primer capítulo se desarrolla el planteamiento del problema, conformado por la descripción y formulación del problema, justificación de la investigación, objetivos generales y específicos. En el capítulo dos, se realiza el marco teórico, proporcionando los antecedentes del estudio, así como los estudios previamente realizados por otros estudiantes donde nos apoyamos. En el capítulo tres, se tiene el sistema de hipótesis, donde se presenta las hipótesis generales y específicas, así como la descripción de las variables, operacionalización de variables. En el capítulo cuatro, explica el marco metodológico de la investigación, incluyendo el tipo y nivel de estudio, muestra de estudio y/o población. En el capítulo cinco se realiza la presentación y análisis de resultados de la investigación, se muestra los resultados y comparación de estos. Finalizando con el desarrollo de conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Formulación y delimitación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El presente trabajo de tesis tiene como fin colaborar con la evaluación eficaz y rápida del índice de regularidad internacional de todo tipo de vías y de esta manera establecer un nivel de servicio de la superficie de rodadura confiable.

Hoy en día las vías son necesarias para el transporte de personas, y productos de primera necesidad, tanto en vehículos particulares como en transporte urbano, al no programar los debidos mantenimientos periódicos de estas el deterioro de su capa de rodadura se intensifica de tal manera que las vías necesitan ser reconstruidas.

La evaluación del índice de regularidad internacional (IRI) utilizando aplicativos móviles para establecer el nivel de servicio de la superficie de rodadura, puede servir al planteamiento de un proyecto de mejoramiento o mantenimiento en distintas vías de esta manera tendremos un método fácil y poco costoso.

La carretera PE 18A, que une las ciudades de Huánuco – Tingo María. En esta vía se realizará la evaluación del IRI con los aplicativos móviles Abakal y Total Pave. La mencionada vía está conformada por una vía longitudinal de dos carriles en cada sentido. Esta vía tiene una alta demanda al ser la única que en esta parte del país une estas dos ciudades.

1.1.2. Problema General

¿Cuál es el Índice de Regularidad Internacional (IRI) para establecer el nivel de servicio de la superficie de rodadura usando aplicativos móviles en la La carretera PE 18A 30+00 km al 60+00 km?

1.1.3. Problemas Específicos

1. ¿Cuáles son los valores del IRI, utilizando el aplicativo móvil ABAKAL para establecer la serviciabilidad de la superficie de rodadura?
2. ¿Cuáles son los valores del IRI, utilizando el aplicativo móvil TOTAL PAVE para establecer la serviciabilidad de la superficie de rodadura?
3. ¿Cuál es el aplicativo móvil de mayor confiabilidad para la obtención del IRI?

1.2. Importancia y justificación del estudio

1.2.1. Importancia

La importancia de la siguiente investigación es optimizar el tiempo, el costo y la forma de obtener el índice de regularidad internacional (IRI) mediante el uso de aplicativos móviles de una manera confiable para poder establecer un nivel de servicio de la superficie de rodadura.

1.2.2. Justificación

El índice de regularidad internacional (IRI) es la variable más importante hoy en día para determinar el estado de una vía, sin embargo, las pruebas que nos brinden este índice resultan en su mayoría costosas y requieren en su proceso mucho tiempo.

Este indicador nos proporciona el nivel de servicio de la superficie de rodadura en sus distintos aspectos como: Condición superficial, condición funcional, condición estructural y condición de seguridad.

1.3. Limitaciones del estudio

El recojo y procesamiento de datos se realizó en la carretera PE 18A que une las ciudades de Huánuco – Tingo María.

Las mediciones se realizaron con un dispositivo móvil y un vehículo durante todo el tramo de 30 km, se realizaron 3 mediciones por cada aplicativo para luego ser comparados con resultados obtenidos por un perfilómetro láser usado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en un mantenimiento anteriormente realizado.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el Índice de Regularidad Internacional (IRI) para establecer el nivel de servicio de la superficie de rodadura usando aplicativos móviles en la carretera PE 18A 30+00 km al 60+00 km, año 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el IRI para establecer la serviciabilidad con el aplicativo ABAKAL.
2. Determinar el IRI para establecer la serviciabilidad con el aplicativo TOTAL PAVE
3. Comparar los resultados de los IRI obtenidos en cada uno de los aplicativos móviles y establecer cual representa mayor confiabilidad.

1.5. Limitaciones de la investigación

El recojo y procesamiento de datos se llevó a cabo en el tramo correspondiente a la carretera HUANUCO-TINGO MARIA.

Las mediciones con los aplicativos móviles se tomaron en un tramo de 30 Km para luego ser comparados con datos hechos por un perfilómetro laser.

El estudio abarco el periodo entre los meses de julio a octubre del 2022.

1.6. Viabilidad de la investigación

Todo el equipo necesario fue suministrado por nosotros, para la toma de datos para realizar el procesamiento de la data, además contamos con la data obtenido por un perfilómetro laser por PROVIAS en un mantenimiento previo.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La norma ASTM conceptualiza la rugosidad como: “desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal”

Se evidencia la importancia de la rugosidad superficial de un pavimento, como un factor que establece el grado de comodidad, seguridad y economía del conductor.

En 1962, la American Association of State Highway Officials (AASHO) introdujo el concepto de serviciabilidad, durante la ejecución del proyecto AASHO Road Test, describiendo como la propiedad de un pavimento de brindar a los conductores comodidad y seguridad en el manejo.

Inicialmente se cuantificó la serviciabilidad por medio del “Present Serviceability Rating” (PSR), obtenido por un grupo de conductores que manejan sobre el pavimento, evaluándose en una escala de 5 a 0, donde 5 indica que el pavimento se encuentra en perfecto estado y 0 evidencia un pavimento intransitable.

En los años setenta, el Banco Mundial invirtió en diferentes programas de investigación a gran escala, uno de estos proyectos estaba orientado a la calidad de las vías y los costos a los usuarios. Así mismo, ayudo a determinar que la data que se tenía sobre la regularidad superficial en diferentes partes del mundo eran imposibles de comparar. Incluso datos obtenidos en el mismo país no brindaban mucha confiabilidad, ya que las mediciones y toma de datos se realizaron con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo.

A fin de unificar los parámetros utilizados en distintos países para obtener la regularidad superficial de las carreteras, se llevó a cabo el proyecto “International Road Roughness Experiment” (IRRE), con sede en Brasil en el año 1982 y promocionado por el Banco Mundial; con participación de los equipos de investigación de Brasil, Bélgica, Inglaterra, Francia y Estados Unidos. Durante el proyecto se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para un número de vías con diferentes condiciones y características y con distintos métodos, equipos e instrumentos. A partir de este proyecto se estableció como único parámetro de medición de la regularidad superficial al Índice de Regularidad Internacional (IRI, International Roughness Index).

El “Índice de regularidad internacional” (IRI) se basa en la simulación tipo respuesta de un vehículo viajando a una velocidad de 80 km/h y se representa por el valor de referencia del pendiente promedio rectificadas, el cual expresa la razón entre el movimiento acumulado de la suspensión del vehículo y la distancia recorrida. (Sayers, G., & Queiroz, C.1986).

En el Perú se vienen utilizando distintos métodos para determinar la rugosidad superficial de los pavimentos, se tienen equipos tipo encuesta cuyo uso ha sido bastante limitado y no se han obtenido los resultados deseados. Sin embargo, ha destacado la mayor experiencia que se ha obtenido utilizando el rugosímetro MERLIN desarrollado por el TRRL de Gran Bretaña.

Uno de los instrumentos que es determinante en la búsqueda del IRI utilizado actualmente en nuestro país es el acelerómetro láser del cual se obtienen resultados sumamente confiables debido a la importancia tecnológica de estos instrumentos, actualmente utilizados por grandes contratistas pero que representan un costo bastante elevado.

En 1995, transcurridos más de 2 años de haberse elaborado las primeras especificaciones técnicas para rugosidad y habiéndose levantado toda la data posible en más de 2,000 km de carreteras, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, difundió las nuevas especificaciones técnicas para la rugosidad por medio del Proyecto Especial de Rehabilitación de Infraestructura de Transportes (PERT), las cuales fueron incluidas en el proceso de recepción de las obras. Estas determinaciones se basaron en el control de la rugosidad por medio del IRI característico (IRI_c) que para pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados es igual al IRI promedio (IRI_p) del tramo evaluado, más el coeficiente 1.645 multiplicado por la desviación estándar. Se precisó que para pavimentos nuevos el IRI_c debe ser menor a 2m/km, pavimentos con recapado asfáltico menor a 2.5 m/km y para pavimentos con sellado asfáltico el valor máximo debe ser 3 m/km. (Del Águila, P. 1999, pp 1-2).

2.2. Estructura Teórica y Científica que sustenta el estudio

2.2.1. Tesis Nacionales

Lozano, J. (2021), con su tesis “Evaluación de la rugosidad en el pavimento utilizando teléfonos inteligentes para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa,

Tacna-2021”, de tipo aplicada con enfoque cuantitativo que evalúa la rugosidad del pavimento y determina la transitabilidad vehicular en los 2 km de la avenida Antúnez de Mayolo, distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna; utilizando teléfonos los aplicativos ROADROID y ABAKAL, obteniéndose como resultados del IRI promedio los valores de 4.58 m/km y 5.06 m/km respectivamente en cada aplicativo. Estos dos aplicativos obtienen la calificación del estado del pavimento como MALO y la calificación de la transitabilidad como MALA, de tal forma que se recomienda rehabilitar o reconstruir la vía a nivel de capa de rodadura con métodos que involucran emulsiones asfálticas o asfalto en frío.

Arteaga, V. (2019), con su tesis “Análisis de la Variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en función de variables constructivas y geométricas en vías menores”, que se enfoca en hacer un análisis comparativo de los resultados del IRI de un MERLIN y un perfilómetro laser, a fin de relacionar estos resultados con la variable geométrica y constructiva de esta vía. El trabajo se desarrolló en el tramo Cotahuasi – Pausa, en una vía de tercera clase ubicada a 510 m del pueblo de Andamarca. Se obtuvo con el MERLIN resultados de 4.54 m/km hasta 6.32 m/km medidos tanto en la huella derecha como la izquierda y con el perfilómetro láser los resultados variaron desde 4.5 m/km hasta 6.0 m/km respectivamente.

Ramírez, B. (2017), con su tesis “Calculo del IRI mediante acelerómetro de Smartphone en el tramo Huarmey – Casma de la carretera Panamericana Norte”, que tiene un enfoque comparativo de los resultados del IRI de un perfilómetro laser y el software Roadroid. En esta investigación se parte desde la data que tiene la concesionaria a cargo de la Red Vial 4, ya que utiliza anualmente el perfilómetro laser para actualizar los datos concernientes a la vía y tomar acciones preventivas o correctivas, a fin de brindar un mejor nivel de serviciabilidad de la vía. En contraste, se realizará una medición para calcular la rugosidad de un tramo de la Red Vial 4 utilizando el software Roadroid y con la data de la concesionaria se realizará un análisis comparativo entre ambos equipos de medición y se evaluará la eficiencia de la aplicación para celular. Finalmente, se comprobó que al trasladarse en el vehículo para la recolección de datos en el rango de velocidad de 75 a 90 km/h los valores del IRI estimado e IRI calculado se correlacionan.

Zeballos, G. (2021), con su tesis “Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo Puente El Peligro – Emp PE-40, Tacna – 2020” que se enfoca en determinar la rugosidad del pavimento, mediante la aplicación de teléfonos inteligentes utilizando el aplicativo ROADROID y el rugosímetro de MERLIN en la carretera TA-615, tramo: Puente El Peligro – Emp. PE-40, Tacna – 2020. Se consideró un diseño descriptivo-exploratorio, determinándose la rugosidad en el carril derecho IRI igual a 3.63 m/km y en el carril izquierdo igual a 3.41 m/km, utilizando el IRI ponderado igual a 3.52 m/km valor que ayuda a calificar el estado de pavimento como REGULAR en toda la carretera TA-615. Para definir la transitabilidad se calcula el PSI utilizando la ecuación de William Paterson, cuyo resultado obtenido es igual a 2.64, por lo tanto, califica como TRANSITABILIDAD REGULAR.

Almenara, I. (2015), con su tesis “Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima”, que se enfoca en evaluar la rugosidad de la vía expresa, comparando los resultados de IRI obtenidos por el programa y compararlos con la rugosidad a lo largo de una arteria principal a fin de determinar si existe variación de esta en el tiempo y el uso de la aplicación para labores de mantenimiento. Así mismo, se evaluó como influyen los resultados debido a la variación de la velocidad del muestreo. Se determinó que la rugosidad de la vía cumple la norma peruana CE.010 al poseer un IRI menor que el límite de 2.5 m/km teniendo una variación menor al 2%. En cuanto a la comparación distrital se encontró que el tránsito ha generado un mayor daño en los distritos de San Isidro y Miraflores en comparación con el Cercado de Lima y Lince.

Moyano, M. (2020), con su tesis “Procedimiento para determinar el índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura”, la cual presenta como un método eficiente en la medición del IRI, el uso del aplicativo móvil RoadBump, el cual fue aplicado en las vías de la ciudad de Piura las cuales se vieron afectadas por el Fenómeno El Niño durante el verano del 2017, donde dichas vías sufrieron un gran daño. Como conclusión del trabajo realizado, se descubrió una alta correlación lineal (98.9%) diferencia del IRI real y las de la aplicación con las mediciones de esta última. Así mismo, se confirmó la alta

sensibilidad de la aplicación móvil RoadBump en el cálculo del IRI en vías urbanas; sin embargo, dicha variabilidad disminuye en un 80% en el caso del uso de la aplicación en una camioneta. También se determinó que el vehículo más adecuado para medir el IRI es el automóvil, puesto que su sistema de suspensión no disfraza la realidad de los pavimentos, sino que detecta el estado real de ellos en términos de confort. Además, se sugiere realizar las mediciones a velocidad de 35 km/h y teniendo las llantas del vehículo a presiones bajas.

Quispe, J. (2021), con su tesis “Propuesta de un sistema de gestión de pavimentos (SGP) en el distrito de Surquillo – Lima, por medio de metodologías de identificación de defectos para la optimización de las vías locales del distrito”, donde se propone la aplicación de un SGP a fin de mejorar las operaciones relacionadas a la conservación de vías locales del distrito de Surquillo. El estudio se realizó en los jirones Gonzales Prada, San Agustín y Luis Varela y Orbegoso, donde se encontraron casi cuatro mil metros cuadrados de vías en mal estado. Se determinó el PCI, el IRI y el PSI, obteniendo como resultado que el proceso propuesto se adapta a la forma de trabajo de la Municipalidad de Surquillo.

Laura, D. (2016), con su tesis “Determinación y comparación de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos, usando teléfonos inteligentes y el rugosímetro de Merlín - 2016”, la cual expone el estudio realizado y la medición de la regularidad superficial de la carretera Cusco – Urcos utilizando la aplicación RoadRoid y el rugosímetro de Merlín. Una vez procesados los resultados se llegó a la conclusión que existe una similitud, entre ambos equipos, de un 89%. Por lo tanto, la aplicación Roadroid es una herramienta que puede ser usada para determinar la regularidad superficial de pavimentos debido a que proporciona datos de la regularidad superficial en forma eficiente.

Asencios, D. (2016), con su tesis “Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante Smartphone y un método tradicional” la cual emplea el aplicativo RoadRoid para determinar la condición de las calzadas de las carreteras de la ciudad de Huánuco y alrededores, comparando los resultados con la condición observada en campo. Se determinó que dichas calzadas tienen un IRI promedio de 5.96 (Carretera “la colectora” y carretera centra tramo Huánuco – Tingo María), mientras que las carreteras al aeropuerto y a la cueva de las lechuzas tienen un IRI promedio de

1.64 y 1.8 respectivamente. Asimismo, se determinó que el cIRI y el eIRI se asemejan y tienen una relación lineal a partir de velocidades mayores o iguales a 67 Km/h. Por último, se observó que el Roadroid proporciona valores de eIRI y cIRI parecidos al IRI obtenido utilizando mira y nivel, pero con un rendimiento superior.

2.2.2. Tesis Internacionales

Junaid, M. (2015), con su tesis “Pavement performance measures using Android-based Smartphone application”, cuyo objetivo es investigar la rugosidad del pavimento y conocer la condición superficial del mismo, utilizando la tecnología de teléfonos inteligentes. Los resultados obtenidos para los estudios de rugosidad de la red vial general de la ciudad de Hyderabad en la India, donde se comparan las condiciones superficiales de las vías que están dentro de la ciudad y las que están fuera de la ciudad, es decir, vías locales y carreteras.

Se empleó el aplicativo RoadRoid, y se encontró que los valores de IRI obtenidos en las carreteras tienen gran variación a lo largo de la misma. Así mismo, los IRI obtenidos en vías dentro de la ciudad son muy similares.

Reyes, B. (2020), con su tesis “Determinación del índice de rugosidad internacional en la av. La Prensa, usando aparatos inteligentes y el rugosímetro de Merlín”, donde se muestra una investigación sobre la similitud que existe entre los resultados de medición de la Regularidad Superficial del Pavimento o Índice de Rugosidad Internacional IRI de la Avenida La Prensa del Cantón Jipijapa; usando dos aplicaciones Móviles y el software de análisis Vial ProVAL con respecto al Rugosímetro de MERLIN. Para poder desarrollar la investigación, se realizó el ensayo de regularidad superficial del pavimento de la Avenida La Prensa desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 0+945 usando el Rugosímetro de MERLIN, la aplicación Total PAVE IRI, la aplicación IRI Calculator y por último con un levantamiento previamente realizado se procedió a ejecutar el análisis con el software ProVAL.

Las lecturas tomadas del IRI determinaron que la rugosidad de la Avenida la Prensa varía desde los 2m/km. Clasificándolo como un pavimento nuevo. La correlación del IRI con el PSI nos proporcionó un valor de serviciabilidad de 3,31 y reflejó un valor cualitativo de la Transitabilidad clasificándolo como Bueno.

Chávez, A. (2019), con su tesis “Desarrollo de la correlación entre dos indicadores de la condición de la superficie del pavimento”, la cual aborda la determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en un sector de la Avenida Loja, de la ciudad de Cuenca. El sector estudiado se dividió en 86 secciones de 50 metros cada una. Según los resultados obtenidos del PCI, el 45 y 35% de las secciones presenta una condición excelente y buena, respectivamente, mientras que el 11 y 9% restante tiene una condición aceptable y mala. En todas las secciones clasificadas en estado malo, se manifiestan las fallas: agrietamiento lineal, parcheo largo y despedazamiento; concluyendo que estos 3 tipos de fallas son los que más afectan al estado funcional de la carretera y éstos cubren grandes áreas produciendo importantes depresiones en la superficie.

Las lecturas del IRI determinaron que la rugosidad de la vía varía desde los 4.8 m/km, clasificándolo como pavimento viejo y deteriorado. El modelo obtenido entre PCI y eIRI alcanzó una correlación de -0.79, indicando una relación lineal inversa alta entre éstos, lo que significa que el PCI se encuentra relacionado con la textura del pavimento rígido.

Angarita, L. (2017), con su tesis “Comparación del índice de rugosidad internacional (IRI) a partir de información obtenida por métodos fotogramétricos”, donde se utiliza el método topográfico convencional para la estimación del IRI, el cual tiene limitaciones a la hora de la recolección de información pues es imposible recolectar nubes de datos tan densas como las generadas por el sistema aéreo no tripulado o el método de escanografía laser; dejando así una incertidumbre de detalle de información que afecta la estimación de dicho parámetro.

La metodología propuesta empleando fotogrametría por medio de sistemas aéreo no tripulados, ofrece valores agregados como lo es la orto fotografía de alta resolución abriendo así la posibilidad de identificar daños o deterioros sobre el pavimento tales como piel de cocodrilo, exudación, grietas, ahuellamiento y baches.

El desarrollo de este proyecto deja la posibilidad abierta de no solo estimar el IRI sobre la huella o zona que se supone transitan los vehículos con mayor frecuencia si no de analizar toda la superficie de rodadura con el fin de

determinar una rugosidad de mayor detalle y por ende de mayor precisión.

Cirera, M. (2010), con su tesis “Indicadores de calidad en carreteras. Índice de regularidad internacional (IRI) y el análisis de su evolución en un grupo de carreteras de la red básica de cataluña”, la cual se centra en el IRI, que mide el grado de comodidad con el que el conductor circula por una carretera. Sin embargo, se sostiene que se desconocen muchas aristas de la evolución de este parámetro y las variables que inciden en su cuantificación. El estudio planteado en esta tesis pretende modelizar mediante ecuaciones algo más simplificadas que otros casos dando respuestas a una serie de interrogantes, además de analizar la normativa actual y proponer una serie de recomendaciones para evaluar el parámetro en cuestión de forma adecuada.

2.3. Estudio y presentación general de los pavimentos

2.3.1. Definición de pavimentos

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección suelos y pavimentos (2013), señala que “el pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos generados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, sub-base y capa de rodamiento” (p.23).

2.3.2. Clasificación de los pavimentos

Los pavimentos se clasifican en pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Sin embargo, actualmente se adiciono la categoría del pavimento mixto o articulado, que es una combinación de los dos anteriormente mencionados.

- **Pavimentos flexibles o asfálticos**

Son aquellos cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él y tiene como superficie de rodadura material bituminoso (mortero asfáltico, TSB, micro pavimento y mezclas asfálticas en caliente y frio). Así mismo, este pavimento está construido sobre capas granulares (base y sub-base), apoyando todo este conjunto de capas sobre la

subrasante compactada. (Ver figura 1)

Los espesores de las tres capas que conforman el paquete estructural del pavimento estará en función del diseño estructural del mismo.

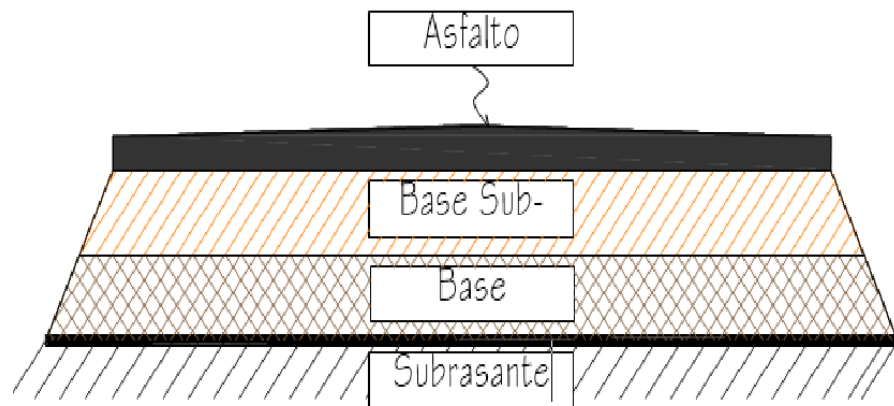


Figura N° 1. Estructura del pavimento flexible

*Fuente: Barros L. & Gómez H. "Análisis Superficial y Metodologías de Pavimentos",
Colombia – Universidad Piloto de Colombia sección Alto Magdalena*

- **Pavimentos rígidos**

Son aquellos cuya estructura se constituye por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o una capa de sub-base granular, que puede ser estabilizada con cemento o cal. (Ver figura 2)

La alta rigidez del concreto y su alto módulo de elasticidad, hacen que la distribución de esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierta medida, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub rasante.

La resistencia de las losas es el factor del cual depende la capacidad estructural de un pavimento rígido, en tal sentido el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

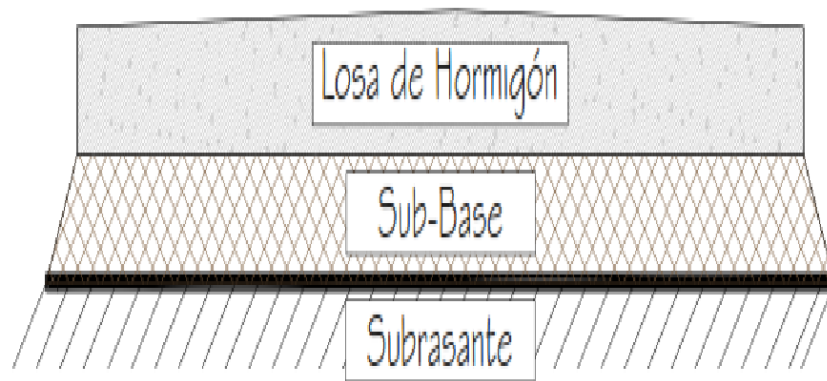


Figura N° 2. Estructura del pavimento rígido

Fuente: Barros L. & Gómez H. "Análisis Superficial y Metodologías de Pavimentos",
Colombia – Universidad Piloto de Colombia sección Alto Magdalena

- **Pavimento articulado**

Son aquellos pavimentos que se conforman por una carpeta de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de dimensiones iguales y una sola medida de espesor. Se pueden constituir sobre una capa delgada de arena, la cual complementa la estructura de este pavimento al apoyarse sobre una capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante (ver figura 3), esto va a depender de la calidad de la misma y de la frecuencia de cargas que circularan por el pavimento.

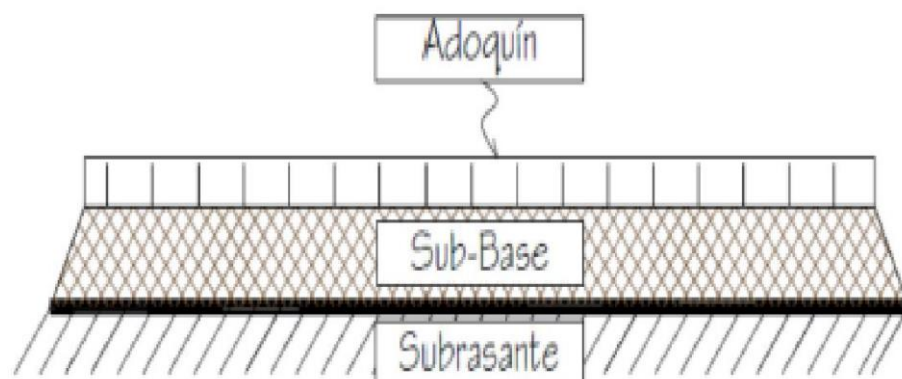


Figura N° 3. Estructura del pavimento articulado

Fuente: Barros L. & Gómez H. "Análisis Superficial y Metodologías de Pavimentos",
Colombia – Universidad Piloto de Colombia sección Alto Magdalena

2.3.3. Componentes de la estructura del pavimento

En el manual de carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en la sección de suelos y pavimentos (2013), se señala que la conformación de estos generalmente presenta las siguientes capas:

Capa de Rodadura: es la parte superior del pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o adoquinado, cuya función es sostener directamente el tránsito. (p.24). (Ver figura N°4).

Base: es la capa inferior a la carpeta de rodadura, cual su principal función es de sostener, distribuir y transmitir las cargas producidas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento. (p.24). (Ver figura N°4).

Sub-base: es una capa de material clasificado y con un espesor según diseño, el cual soportara a la base y carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($CBR \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento. (p.24). (Ver figura N°4)



Figura N° 4. Sección de la estructura del pavimento

Fuente: CONSTRUNEIC, Pavimento Flexible 2022

2.3.4. Pavimentos asfálticos

El Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección suelos y pavimentos (2013), señala que: “El pavimento asfáltico o flexible es una estructura compuesta por capas granulares (sub-base, base) y

como capa de rodadura una carpeta constituida por materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas en caliente.” (p.24).

2.3.5. Mezclas asfálticas

Una mezcla asfáltica se conceptualiza como la combinación de asfalto y agregados compuestos de piedra, arena y finos, con una granulometría establecida. El asfalto, actúa como un material cohesivo entre las partículas de los agregados.

La mezcla endurecida le brinda resistencia y durabilidad a la capa de rodadura del pavimento flexible. Se debe realizar una imprimación a la base, para luego colocar la mezcla sobre esta, la cual será transportada, esparcida y compactada. Generalmente las mezclas asfálticas se constituyen por un 90% de agregados de piedra y arena gruesa, un 5% de polvo mineral o filler que pasa la malla #200 y un 5% de material asfáltico que actúa como ligante. Tanto la calidad del ligante asfáltico, como la cantidad de finos, inciden de manera especial en la resistencia de la mezcla y en su costo total.

Las mezclas bituminosas o asfálticas presentan una clasificación variada de tipos acorde a una temperatura de elaboración, dentro de las principales se encuentran: mezclas frías, mezclas tibias y mezclas calientes, siendo la última la más utilizada.

- **Mezclas asfálticas en caliente (MAC)**

La mezcla asfáltica en caliente se fabrica dentro de plantas especializadas de producción, a través de un proceso de combinación y mezclado de los componentes de dichas mezclas. Así mismo, esta preparación se lleva a cabo a temperaturas muy elevadas que superan los 180°C.

El proceso de elaboración de MAC se realiza con una serie de equipos especializados, a fin de dosificar correctamente, calentar, secar y mezclar los áridos con el ligante bituminoso. El diseño de las mezclas asfálticas en caliente depende directamente de las especificaciones técnicas que cada proyecto exija, tanto para sus proporciones y cantidades a elaborar. Según

el tipo de MAC a fabricar, se tendrá un tipo de procedimiento, lo cual DIRIGE este proceso a un tipo determinado de planta en el cual se llevará a cabo dicha fabricación. Estas plantas pueden ser continuas o discontinuas.

- Plantas Continuas: Esta planta desarrolla un control en la granulometría en frío, donde los agregados son transportados por correas en las cuales se mide y acorde a este flujo de los agregados se llega a proporcionar las cuantías de cemento asfáltico.
- Plantas Discontinuas: Esta planta desarrolla un control en la granulometría en caliente, el ligante asfáltico se inspecciona mediante un contenedor de pesaje, ingresando al tambor se realiza la succión de filler y también el secado por parte de los áridos, todo esto mediante la dirección de contraflujo.

2.3.6. Características del pavimento asfáltico

- **Resistencia estructural (mezcla asfáltica)**

El pavimento asfáltico o flexible, debe ser diseñado para soportar las cargas impuestas por la cantidad de vehículos que circulan y producen esfuerzos normales y cortantes sobre dicha estructura. El esfuerzo cortante es la principal causa de falla desde la perspectiva estructural, a esto se le suman aquellos esfuerzos producidos por la aceleración, frenaje de vehículos y esfuerzos de tensión sobre la superficie de rodadura. (Ver figura 5)

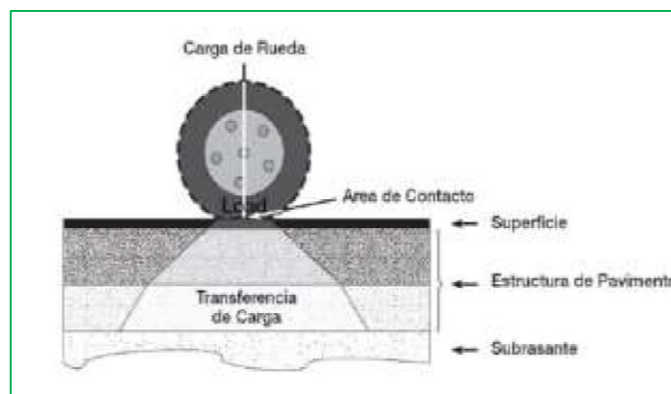


Figura N°5: Transferencia de carga en la estructura del pavimento

Fuente: Wirtgen (2012). *Cold Recycling Technology*. (1st edition)

- **Durabilidad**

La durabilidad está asociada a los factores económicos y sociales, es decir, que depende de ellos, ya que esta característica es muy importante debido a que optimizara la conservación del pavimento, siendo en la mayoría de

casos la solución más económica y rentable programar una evaluación y ejecución de un mantenimiento constante y periódico, a fin de lograr extender la vida útil del pavimento asfáltico.

- **Mantenimiento para su conservación**

Es una realidad que año a año el parque automotor aumenta y el desgaste de los pavimentos asfálticos se refleja producto de ello, en tal sentido el tránsito resulta un factor importante, tanto como el clima y otros factores; es por ello que es necesario, una vez identificado los puntos críticos de los pavimentos, programar un plan de mantenimiento de los mismos, que pueden ser rutinarios o periódicos a fin de incrementar la vida útil del pavimento y evitar accidentes, agregando a lo anterior que el usuario siempre encontrara confort en la vía.

2.3.7. Ciclo de vida del pavimento asfáltico

Menéndez (2003), en su manual técnico el mantenimiento rutinario de caminos con microempresas sostiene que: “Los pavimentos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, como el tráfico, agua, taludes y demás agentes que terminan deteriorando al punto de volverlo intransitable. Además, se debe tener en cuenta que el deterioro de un pavimento es un proceso que pasa por diversas etapas, como la inicial con un leve deterioro y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno y se ira deteriorando hasta llegar al punto de falla. En tal sentido el mantenimiento preventivo debe efectuarse en el momento adecuado para prolongar su vida útil de servicio y así evitar que el pavimento llegue a colapsar y se tenga que realizar grandes gastos de reparación.”

Las fases del ciclo de vida del pavimento asfáltico se clasifican en cuatro:

- **Fase A: Construcción**

Al inicio del ciclo de su vida útil, un pavimento asfáltico presenta excelentes condiciones para cumplir con el requerimiento de los usuarios de las vías. (Punto A de la figura 6).

- **Fase B: Deterioro lento**

Un pavimento en sus primeros años, se encuentra sometido a diversos factores como el tránsito, el clima y demás agentes externos, esto hace que empiece a experimentar un ligero proceso de desgaste y deterioro en la superficie de la carpeta de rodadura. Esta fase no es muy apreciable a simple vista, ya que aún se mantiene en buen estado, sin embargo, con el transcurrir del tiempo, empieza a tener más notoriedad hasta pasar a la siguiente fase.

- **Fase C: Deterioro acelerado**

En esta fase, que se desarrolla después de varios años, el pavimento evidencia un ligero deterioro, ya que ha sido sometido a distintos niveles de tránsito vehicular, pero aun así sus niveles de transitabilidad son aceptables, por lo tanto, no aún no se procede con las acciones correctivas. Además, esta fase es relativamente corta y con fallas puntuales o poco extendidas, sin un daño notorio en las capas inferiores como la base y la sub-base. Sin embargo, esta percepción de un nivel aceptable de deterioro cambia en cuanto los diferentes tipos fallas se van extendiendo y evidenciando en el pavimento.

- **Fase D: Deterioro total**

En esta última fase el pavimento presenta un total deterioro que ha ido produciéndose con el transcurrir del tiempo. Se reduce permanentemente la transitabilidad y los usuarios o conductores de la vía empiezan a experimentar incomodidad y dificultades para transitar, lo que lleva a realizar maniobras con el fin de esquivar las fallas presentes en el pavimento y muchas veces esto se traduce en el incremento de accidentes de tránsito. El deterioro que presenta la vía, imposibilita realizar acciones correctivas, por lo que es inevitable realizar una reconstrucción de la vía, razón por la cual se demuestra la importancia de realizar mantenimientos correctivos constantes en las vías, a fin de prolongar la vida útil de las mismas y no llegar a esta última fase del ciclo del pavimento (Fase D).

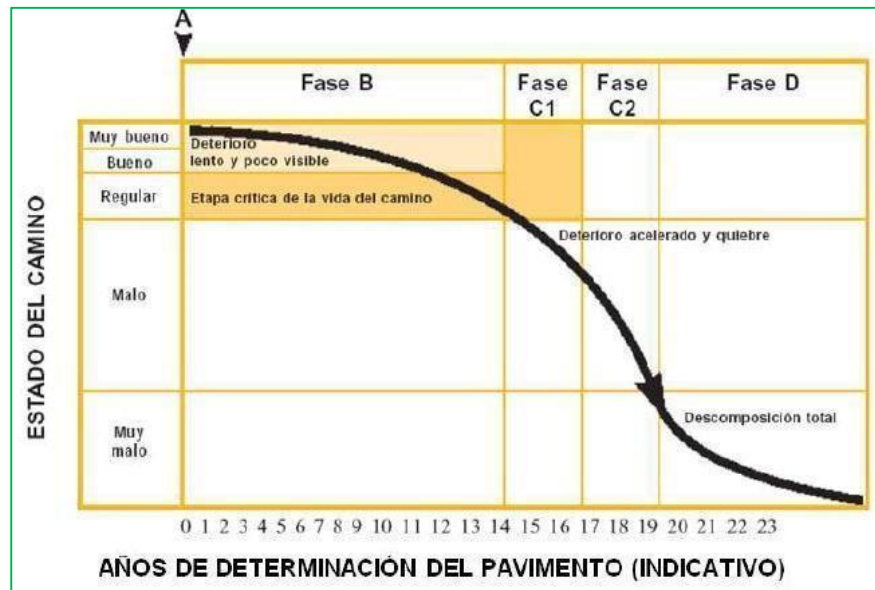


Figura N°6: Ciclo de vida de una vía sin mantenimiento

Fuente: Menéndez J. (2003)

Es necesario considerar que el mantenimiento de las vías debe realizarse durante la fase C (deterioro acelerado), a fin de evitar que las fallas presentes en esta etapa no extiendan o aumenten sus niveles de severidad. Como se muestra en la figura N° 7, el mantenimiento periódico eleva el nivel del estado de la vía, lo cual se traduce en una repetición hacia la fase B (deterioro lento), que es el punto de partida necesario, para aplicar un mantenimiento rutinario de la vía y evitar lo expuesto en la fase D (deterioro total), ya que esto generaría costos elevados en la intervención del pavimento.

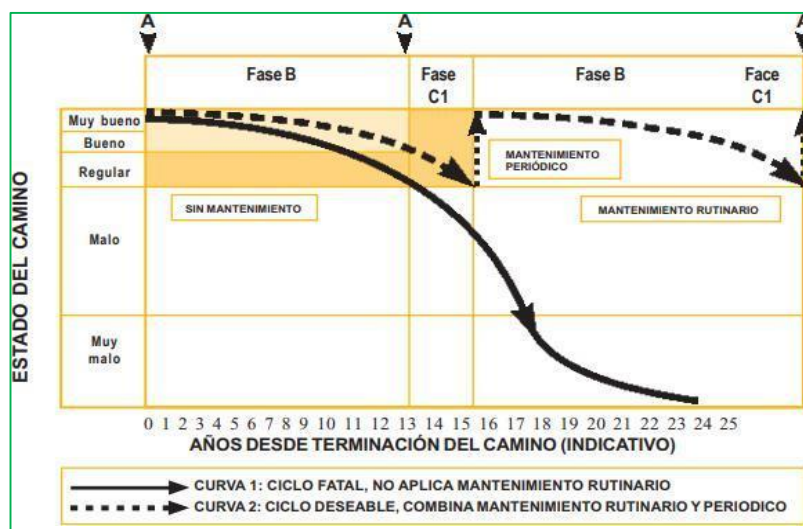


Figura N°7: Ciclo de vida de un camino con y sin mantenimiento

Fuente: Menéndez J. (2003)

2.3.8. Fallas en pavimentos asfálticos

Las fallas en los pavimentos son la evidencia de como diferentes factores como los materiales, proceso constructivo, diseño, tránsito vehicular, medio ambiente, combinados son las principales causas que generan el deterioro de estos pavimentos, que se agrava debido al poco o nulo mantenimiento de la vía.

Las fallas en los pavimentos pueden ser funcionales o estructurales, siendo estas últimas las que deterioran el paquete estructural del pavimento, afectando su comportamiento frente a cargas externas y disminuyendo la cohesión. En cambio, las fallas funcionales afectan la transitabilidad, que se refleja en una disminución de la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la seguridad y el confort que la vía brinda al usuario.

A continuación, se presentarán las fallas más comunes que afectan el tipo de pavimento que se va a desarrollar en esta investigación.

- **Piel de cocodrilo**

Como su nombre lo dice, su patrón obedece a un grupo de fisuras interconectadas que forman polígonos irregulares pareciéndose a la piel de un cocodrilo. Así mismo, recibe el nombre de agrietamiento por fatiga y se produce generalmente en áreas cuya carga de tráfico es repetitiva. El origen de esta falla se da en el fondo del paquete estructural del pavimento, es decir, en la base, donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados, luego las grietas van propagándose hacia la superficie, conectándose entre sí.

Se atribuye también, el envejecimiento del ligante asfáltico, a otra de las causas que produce este tipo de falla, que además genera pérdida de flexibilidad y capacidad estructural del pavimento, esto desencadena en la disminución de la capacidad de resistencia ante las sollicitaciones externas.

- **Exudación**

Es una película de material bituminoso, que aparece a lo largo de un área del pavimento, volviendo la superficie de este brillante, reflectante, resbaladiza y que en climas cálidos se torna pegajosa, cuando el asfalto se llena de vacíos de la mezcla y se expande en la superficie del pavimento, este proceso no es reversible durante el tiempo frío, ya que el asfalto se acumulara en la superficie.

A la exudación del pavimento se le atribuyen las siguientes causas:

- Exceso e ligante asfáltico o utilización de ligante asfáltico muy blando.
- Aplicación excesiva de un sello bituminoso
- Deficiente porcentaje de vacíos y demás.

- **Agrietamiento en bloque**

Son grietas de forma rectangular de distintos tamaños que se conectan y se pueden dar en áreas largas del pavimento o en áreas donde no hay tráfico; debido a esto las fisuras en bloque no están asociadas a solicitaciones externas por cargas vehiculares. El agrietamiento en bloque surge principalmente por la contracción del pavimento asfáltico, producida por las variaciones de temperatura, que originan ciclos diarios de esfuerzo / deformación que evidencia el endurecimiento del asfalto que se ha dado de forma considerable.

- **Abultamientos y hundimientos**

Se trata de desplazamientos por abajo o sobre la superficie del pavimento, que alteran la rasante de la vía y se les atribuye a los siguientes factores:

- Pavimento rígido que ha sido cubierto con una carpeta asfáltica.
- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo, es decir, suelo congelado).
- Infiltración y acumulación de material en una fisura en combinación con cargas de tráfico.
- Expansión del suelo de fundación y deficiencias en el drenaje de la estructura del pavimento.

- **Corrugación.**

Son ondulaciones conformadas por depresiones y cimas que guardan cierta cercanía entre sí y a su vez están espaciadas a intervalos regulares a lo largo del pavimento. La acción del tránsito vehicular en combinación con la inestabilidad de las capas superficiales del pavimento son las principales causas de esta falla.

- **Depresión**

Presentación de áreas que poseen niveles de rasante menores que el resto de la vía. Las depresiones se evidencian cuando a causa de la lluvia se generan empozamientos de agua, y en el caso de superficies secas pueden producirse por asentamientos de la sub rasante, fallas geológicas o por malos procedimientos constructivos.

- **Fisuras longitudinales y transversales**

Las fisuras longitudinales son paralelas al eje de la vía, caso contrario las grietas transversales, son perpendiculares al eje. Estas fisuras no se relacionan con la carga vehicular y estas son a causa de:

- Juntas de construcción hechas con deficiencia o ausencia de las mismas
- Contracción del asfalto producto de las bajas temperaturas.
- Las fisuras de reflexión causadas por agrietamientos bajo la capa superficial.
- El uso de ligante muy duros o envejecidos.

El gradiente térmico superior a los 30° C que produce ciclos de expansión y contracción de la mezcla asfáltica.

- **Baches**

Son leves depresiones en la superficie del pavimento cuyos diámetros oscilan entre los 750 mm. Tienen lados verticales y bordes agudos cerca de la zona de falla. Generalmente la causa de los baches se relaciona con:

- Fisuramiento tipo piel de cocodrilo de alta severidad, esto causa fatiga y origina desintegración de los agregados presentes en la superficie de rodadura.
- Procesos constructivos deficientes.
- Inadecuado sistema de drenaje.
- Mal diseño de la estructura del pavimento.

- **Ahuellamiento**

Es una depresión longitudinal que se presenta a lo largo del sentido del tránsito, que tiene como consecuencia la deformación permanente de las capas de la estructura del pavimento. Se le atribuyen a este tipo de falla, una mala compactación de las capas del pavimento, lo cual genera inestabilidad en las mismas, y el material presente empieza a desplazarse lateralmente debido a las cargas del tráfico. Un ahuellamiento moderado puede contribuir a una falla estructural del pavimento. Otras causas generalmente se dan por:

- Mezcla asfáltica inestable por el exceso de riego de liga.
- Diseño deficiente del paquete estructural.
- Mala calidad de los materiales utilizados.

2.3.9. Evaluación de pavimentos

Es un estudio donde se presenta el estado en el que se encuentra la estructura y la superficie del pavimento, a fin de definir qué medidas de conservación y mantenimiento son las más adecuadas para realizar la intervención que prolongara la vida útil de estas vías. Por lo mencionado anteriormente se considera sumamente importante evaluar objetivamente cuales son los factores que afectan negativamente al usuario como: el costo, seguridad y confort.

- **Evaluación estructural**

Mediante esta evaluación se obtiene un alcance de la capacidad estructural de las diversas capas que conforman la estructura del pavimento. Es indispensable considerar que los diseños nunca son iguales, existen criterios tanto para el diseño de un pavimento nuevo, como para el de una rehabilitación existente. Siendo que, en este último, se dispone de una serie de materiales que han sido colocados y se han deteriorado por las cargas vehiculares constantes, el clima y el transcurrir de su vida útil. Estos materiales arrojan un valor estructural remanente, que será un aporte para el diseño de la rehabilitación del pavimento; por el contrario, serán procedimientos específicos los que incidirán directamente en el diseño de un pavimento nuevo.

En la evaluación estructural del pavimento asfáltico se realizan ensayos destructivos y no destructivos. Los primeros obedecen a trabajos de extracción de testigos, placa de carga, calicatas y el penetrómetro dinámico, mientras que, dentro de los ensayos no destructivos, se miden las deflexiones con equipos como: viga Benkelman, dynaflect, deflectómetro, fallin weight deflectometer; realizando una evaluación empírica para la vida remanente.

Para evaluar un pavimento existente debemos tener las siguientes consideraciones:

- Evaluación superficial de la condición del pavimento.
- Evaluación del sistema de drenaje.
- Determinación de espesores y tipo de materiales presentes en el pavimento.
- Medición de deflexiones del pavimento.

- **Evaluación funcional**

Esta evaluación evidencia aquellas deficiencias relacionadas al estado general de la superficie de rodadura del pavimento, abarcando todos los factores que inciden negativamente al usuario como el costo, seguridad y confort. La evaluación superficial del pavimento nos sugiere considerar las fallas presentes en el pavimento a fin de valorar o cuantificar la magnitud y severidad de estas. Para poder realizar una evaluación funcional del pavimento se dispone determinar, en principio el índice de condición del pavimento (PCI). Esta información se debe complementar con la medición de deflexiones a fin de establecer correlaciones entre la condición superficial del pavimento y su deflexión superficial. Así mismo, es necesario identificar, dentro de estas deficiencias la rugosidad del pavimento, fallas superficiales, costo de usuario, medio ambiente y pérdida de fricción. Para medir la rugosidad se ha adoptado mundialmente el índice de rugosidad internacional (IRI), cuyos antecedentes han sido mencionados al inicio de este capítulo, y cuyo estudio es la parte más relevante de esta investigación, por lo que se irán desarrollando los conceptos necesarios para poder determinar, a través de estos índices, las deficiencias presentes en el tramo de la carretera en cuestión a fin de establecer la condición de servicio de la superficie de rodadura y finalmente analizar si las hipótesis planteadas nos permiten proponer medidas de solución a todas las partes concernientes al estudio, evaluación, diseño y mantenimiento de los pavimentos de nuestro país.

2.4. Serviciabilidad

La Serviciabilidad del pavimento constituye el nivel de servicio que este ofrece a los usuarios. Este indicador apareció por primera vez como una cuantificación realizada por los usuarios donde definían el estado de la vía, puntualmente de la superficie de rodadura. (Yogesh U. Shah, 2013). Esta clasificación está representada por un índice subjetivo denominado Serviceability Rating (PSR), y puede ser reemplazado por un índice objetivo llamado Present Serviceability Index (PSI).

Para toda gestión gubernamental, resulta de vital importancia mantener en buen estado la infraestructura vial, ya que se evitan sobrecostos de operación en el transporte de personas y bienes. En 2003, Bull sostuvo que un País que permita el deterioro de su infraestructura vial tendrá sobrecostos de operación vehicular en un rango del 1% y 3%

del producto bruto interno nacional.

En la década de los 60 los investigadores Carey e Irck diseñaron un proceso de análisis para la American Association of State Highway Officials (AASHO) donde se exponían diferentes conceptos de serviciabilidad (Carey & IRick 1960).

Según los expertos, el pavimento debe ofrecer seguridad y comodidad a los usuarios al momento de conducir un vehículo. Sin embargo, es cada usuario quien emite una opinión propia acerca de las características físicas del pavimento que pueden medirse objetiva o subjetivamente.

Actualmente varios países utilizan los resultados de la prueba AASHO para medir la serviciabilidad de un pavimento. En 1962 se estableció el PSR, cuyo cálculo es de carácter subjetivo, ya que se elaboró una escala de evaluación por las personas que conformaban el panel. Donde se calificó la calidad de pavimento entre los valores de 0 (muy malo) hasta 5 (muy bueno). Siendo la siguiente la tabla desarrollada por la AASHO:

Tabla N°01. Escala de Clasificación de Serviciabilidad.

PSR	Condición del Pavimento	Descripción
4 - 5	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificarían como muy buenos.
3 - 4	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
2 - 3	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y pumping.
1 - 2	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
0 - 1	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente: AASHO (1962).

AASHTO ha realizado estudios para determinar los rendimientos del pavimento, en este estudio se evaluaron tanto pavimentos rígidos como flexibles, a fin de desarrollar un

modelo PSI basado en una evaluación subjetiva PSR y objetiva en cuanto a las características del suelo. A través de un análisis de regresión múltiple, se obtuvo un índice matemático de un tramo de la carretera y se estimó el PSR como una función derivada de variables como Slope Variance (SV) sumándole las consideraciones a tomar en caso existan agrietamientos o bacheos. A partir de esto se definieron las siguientes ecuaciones del PSI (AASTHO, 1993):

Para pavimentos flexibles:

$$\text{PSI} = 5.03 - 1.91 * \log (1+SV) - 1.38*(RD)^2 - 0.01 * (C + P) 0.5$$

Para pavimentos de concreto hidráulico:

$$\text{PSI} = 5.41 - 1.78 * \log (1+SV) - 0.09*(C + P) 0.5$$

Donde:

SV = Varianza de la pendiente longitudinal (Slope Variance) medida con un perfilómetro CHLOE, $\text{rad} \times 10^{-6} (\text{in}/\text{ft})^2$

RD = Ahuellamiento promedio en pavimentos de asfalto, in

C = (en asfalto) Superficie agrietada, $\text{ft}^2/1.000 \text{ft}^2$

C = (en concreto) Longitud total (transversales y longitudinales) de grietas, selladas o abiertas, $\text{ft}/1.000 \text{ft}^2$

P = Superficie bacheada, $\text{ft}^2/1.000\text{ft}^2$

2.5. Rugosidad de los Pavimentos

La norma de ensayo ASTM E 867-06 “Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems”, define la rugosidad como la desviación de una superficie en relación a otra superficie plana teórica, con características que tienen injerencia en la dinámica del vehículo, calidad de manejo, cargas dinámicas y drenaje. Así mismo, se define la rugosidad como una manifestación de las irregularidades en la superficie del pavimento, que incide negativamente en la calidad de conducción del vehículo. (Pavia Systems, 2007)

La importancia de la rugosidad en la superficie de rodadura de un pavimento, radica en la relación que debe predominar entre la seguridad y confort, así como de los costos de operación vehicular y la conservación vial.

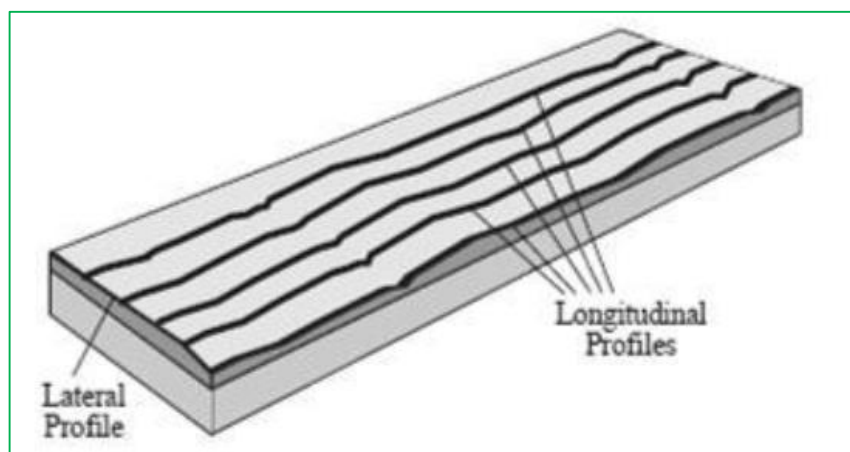


Figura N° 8. Perfil longitudinal real de una carretera

Fuente: The Little Book of Profiling: "Basic information about measuring and interpreting road profiles", USA-University of Michigan

Algunos autores utilizan el término Regularidad, puesto que este concepto se relaciona más a la definición de Roughness, que el término Rugosidad. De esta manera, puede encontrarse bibliografía que trata indistintamente los conceptos de Regularidad y Rugosidad. Sin embargo, para efectos de la investigación se prefiere utilizar Rugosidad, para referirse a las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad de la superficie de rodadura, seguridad y costos de operación del vehículo.

2.5.1. Causas posibles de la rugosidad

- Variaciones en la conformación de la base y sub base o en la carpeta asfáltica existente, donde se construye la nueva superficie de rodadura.
- Falta de verificaciones o chequeos con regla de la superficie asfáltica, inmediatamente después de la compactación inicial, a fin de levantar cualquier observación mientras la superficie aún está en caliente.
- Paralizaciones y reanudación de los trabajos realizados con la pavimentadora.
- Mala calidad en el proceso constructivo de las juntas. Es necesario revisar la construcción de las juntas a penas estén realizadas, a fin de subsanar inmediatamente cualquier observación.
- Mal rastrillado del material asfáltico.
- Mala ejecución de la compactación con rodillo. Este no debe detenerse sobre el pavimento en caliente.
- Mal diseño de mezcla asfáltica.

- Malas maniobras de los volquetes.
- No cumplir con la temperatura requerida para la colocación de la mezcla asfáltica.
- Ajuste frecuente a los controladores de la regla de la pavimentadora.

2.5.2. Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

- Tiempo de vida del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- Las propiedades del concreto asfáltico utilizado.
- Las características del medio ambiente.
- Propiedades de la base granular, como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Propiedades de la sub rasante, como el índice de plasticidad.
- Extensión y severidad de las fallas en el pavimento

2.5.3. Importancia de la rugosidad del pavimento

Si el pavimento tiene una buena rugosidad, este optimizará la seguridad y comodidad a los usuarios de las vías. Caso contrario, una mala rugosidad incide directamente en los costos operacionales de los vehículos, ya que a medida que aumentan las irregularidades superficiales, se afecta negativamente la velocidad de circulación, hecho que repercute en un mayor consumo de combustible y desgaste de llantas.

Así mismo, las irregularidades de las carreteras producen efectos dinámicos, ya que se producen esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, desencadenando en un aumento considerable en los trabajos de conservación y mantenimiento.

Conocer la rugosidad de la superficie de rodadura desde el inicio de su periodo de servicio o vida útil, ayudara a tomar decisiones y acciones rápidas en lo que respecta a la conservación o rehabilitación de las vías. (Badilla Vargas, Gustavo 2009).

Actualmente, existen diversas técnicas, indicadores y equipos para evaluar la calidad y confort de una carretera. Sin embargo, muchas veces estos presentan algunos inconvenientes. En tal sentido se propuso desarrollar un índice único independiente de la técnica de obtención del perfil y que simbolice lo que perciben los usuarios de las carreteras de cada país. Consecuentemente se desarrolló el

experimento internacional nombrado International Road Roughness Experiment (IRRE) cuyo resultado fue el desarrollo del concepto, definición y método del cálculo del IRI (Sayers, et al., 1986).

2.6. Índice de Regularidad Internacional (IRI)

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es un indicador estándar de rugosidad en carreteras y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de la superficie de rodadura; está relacionado con el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación. El IRI en términos prácticos se puede definir como la acumulación del movimiento vertical en valor absoluto que sufre la suspensión del neumático de un vehículo (un cuarto de carro)

cuando este recorre la superficie de rodadura a una velocidad referencial de 80 km/h (Caro & Peña, 2012, pp 57-72).

Las unidades del IRI se expresan como la variación acumulada del movimiento por unidad de longitud y se expresa en mm/m, m/km, in/mi, etc. (Sayers & Karamihas, 1998).

Analizar el nivel de serviciabilidad y calidad de una carretera, significa determinar la regularidad superficial de esta, ya que esta característica establece las diferencias entre las cotas teóricas y las cotas reales del perfil longitudinal. Las irregularidades se relacionan a dos causas: El proceso constructivo y el uso de la vía.

Una carretera recién construida aproxima su IRI al valor 0 por lo general. Una vez que empiecen a circular vehículos por esta vía, el valor del IRI ascenderá, ya que empiezan a encontrarse irregularidades en la superficie de rodadura, producto del desgaste de la carretera.

Los IRI cuyos valores sean más bajos, aportarán a los usuarios una mayor velocidad de circulación, caso contrario con los valores de IRI mas altos, ya que no permitirán un flujo óptimo de velocidad vehicular, lo que demanda mayores costos.

Las normas nacionales propias de cada país determinan que tan rugosa o lisa pueda ser la superficie de rodadura de un pavimento.

Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor de IRI, no así los cambios de pendiente. (Martinez,S & Tobon,J. 2012).

La mayoría de países ha aceptado el IRI como remplazo de la varianza de pendiente longitudinal (SV) como medida de rugosidad. Este modelo matemático y los resultados

obtenidos son independientes del equipo o técnica mediante el cual se haya obtenido el perfil, siendo esto su principal ventaja. Sin embargo, es necesario que los equipos utilizados para medir las irregularidades en la superficie de rodadura sean muy precisos, a fin de obtener datos confiables de IRI.

Se debe tener en cuenta que el IRI se calcula a partir de un solo perfil. El intervalo de muestreo debe ser menor a 300 mm para obtener cálculos precisos. Una resolución de 0.5 mm en la obtención del perfil sería lo adecuado para cualquier condición. Además, el perfil se analizará mediante un análisis estadístico (media móvil) cuya base es de 250 mm. Esto se realiza para simular el comportamiento de la envolvente de las ruedas y reducir la sensibilidad de la simulación del cuarto de carro al espaciamiento de muestreo del perfil longitudinal. Asimismo, se filtra el perfil suavizado utilizando la simulación del cuarto de carro a una velocidad de 80 km/h. Finalmente, la suspensión simulada se acumula y se divide entre la longitud del perfil para obtener el valor del IRI. (Sayers, 1995)

Valores del IRI según el banco mundial

Las escalas de medición de IRI que se presentan a continuación fueron propuestas en 1986 por el banco mundial, a fin de estandarizar una data de resultados que compiten a pavimentos de concreto asfáltico y con tratamiento superficial, carreteras conformadas a nivel de afirmado o trochas carrozables.

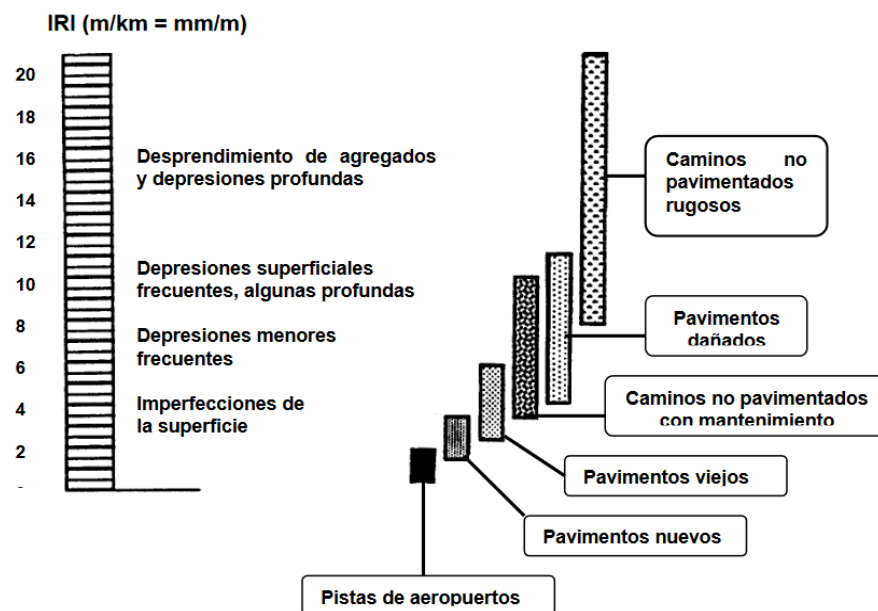


Figura N^o 9. Escala de valores del IRI y características de los pavimentos

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte, "Índice Internacional de Rugosidad, aplicación a la red carretera de México"

La norma ASTM E-1926, en el que se presenta una escala donde se aprecia el grado de

confort en función a la rugosidad que presenta un camino. El rango de rugosidad en que ha sido realizada la modelación oscila entre 2 a 4 m/km, rango que permite un manejo confortable hasta una velocidad de 120 km/h como se muestra en la figura 3

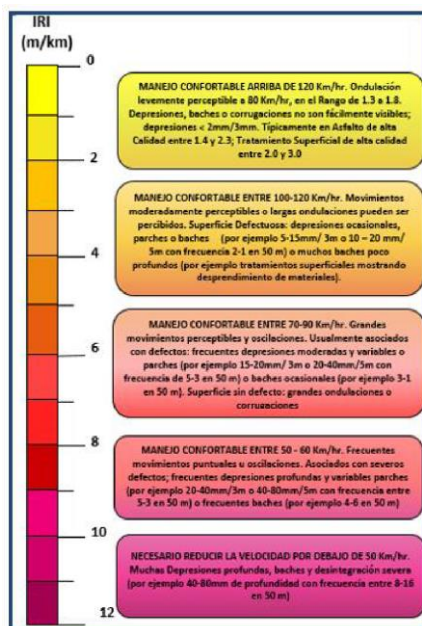


Figura 10: Escala de estimación de rugosidad de vías para caminos pavimentados con concreto asfáltico o tratamiento superficial.

Fuente: ASTM International, "Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements".

Valores Internacionales de IRI aplicado en otros países

Las entidades del estado y privadas consideran la medición del IRI como el factor más importante a la hora de tomar decisiones y establecer qué tipo de acciones se van a ejecutar en materia de mantenimiento, rehabilitación o construcción.

Las entidades gubernamentales encargadas de la gestión de pavimentos definen el modo de evaluación de las superficies de rodadura. Teniendo en consideración que los intervalos grandes para la toma de datos no reflejan la realidad de la superficie del pavimento más si el intervalo es pequeño el IRI es más real. En la tabla 3, se muestran algunos valores del IRI adoptados por algunos países. (Ventura, J.& Alvarenga, E,2005).

Tabla N°02. Especificaciones de otros países para el control del IRI

Institución Pública	Procedimiento General	Requerimientos del IRI según el tipo de pavimento o superficie		
		Asfáltico	Hidráulico	Tratamientos Superficiales

	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200m de secciones homogéneas	Promedio de 5 tramos ≤ 2 m/Km promedio individual ≤ 2.8 m/Km		Promedio de 5 tramos ≤ 3 m/Km promedio individual ≤ 4 m/Km	
Ministerio de obras públicas de Chile	Recepción de Obra Nueva				
	No se indica el intervalo de medición	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 1.9 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 2.3 m/km, en el 99% de los datos	IRI ≤ 2.0 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.5 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 2.8 m/km, en el 99% de los datos	IRI ≤ 2.4 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.9 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 3.4 m/km, en el 99% de los datos	
CR – 2002, Costa Rica	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos con un intervalo de medición de 200 m	Promedio de 5 tramos consecutivos IRI ≤ 2.0 m/km Promedio individual ≤ 3.0 m/km		-----	
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos con un intervalo de medición de 100 m	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.0 m/km, en el 80% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.5 m/km, en el 100% de los tramos del proyecto			
WisDOT, Wisconsin Estados Unidos	IRI obtenido en tramos de 1.609 km (1 milla)	IRI m/km	Tiempo	-----	-----
		< 1.1	Pav. nuevo		
		< 1.17	1 año		
		< 1.29	2 años		
		< 1.33	3 años		
		< 1.37	4 años		
< 1.45	5 años				
Suecia	IRI obtenido en tramos d 20 m	IRI ≤ 1.4 m/km		-----	
	IRI obtenido en tramos d 20 m	IRI ≤ 2.4 m/km			
Ministerio de Obras Publicas de El Salvador	Caminos Rurales				
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 3.0 m/km	-----	-----	
	Vías Interurbanas				
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 2.0 m/km	IRI ≤ 2.5 m/km		
Quebec, Canadá	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 1.2 m/km, en el 70% de los datos	-----	-----	
		IRI ≤ 1.4 m/km, en el 100% de los datos			
Eslovenia	Carreteras de alto transito				
	IRI obtenido en tramos de 20 m	2.0 \leq IRI \leq 2.6 m/km			
		1.2 \leq IRI \leq 1.8 m/km			
Carreteras de bajo transito					

	IRI obtenido en tramos de 20 m	$4.0 \leq \text{IRI} \leq 4.6 \text{ m/km}$	----	----
	IRI obtenido en tramos de 100 m	$3.0 \leq \text{IRI} \leq 3.8 \text{ m/km}$		
Portugal	No se indica el intervalo de medición	$\text{IRI} \leq 1.5 \text{ m/km}$, en el 50% de los datos $\text{IRI} \leq 2.5 \text{ m/km}$, en el 80% de los datos $\text{IRI} \leq 3.0 \text{ m/km}$, en el 90% de los datos	$\text{IRI} \leq 2.0 \text{ m/km}$, en el 50% de los datos $\text{IRI} \leq 2.5 \text{ m/km}$, en el 75% de los datos $\text{IRI} \leq 3.0 \text{ m/km}$, en el 100% de los datos	

Fuente (Badilla, et al., 2008)

2.7. Modelo del Cuarto de Coche

El recorrido de un vehículo sobre la superficie de rodadura, genera desplazamientos, velocidades y aceleraciones. Este sistema se basa en la primera ley de Newton la cual es fuerza = masa x aceleración. Con estos conceptos asentados, se puede deducir un carro por simetría a un cuarto de carro.

El modelo del cuarto de carro busca representar las vibraciones del pasajero en un vehículo; es decir, los movimientos verticales ocasionados por la irregularidad de la carretera. Este modelo presenta dos sistemas: una masa de suspensión o amortiguada y una masa no amortiguada las cuales están conectadas a través de un amortiguador y un resorte. Además, la llanta del vehículo es representado por un resorte lineal como se puede apreciar en la Figura 4.

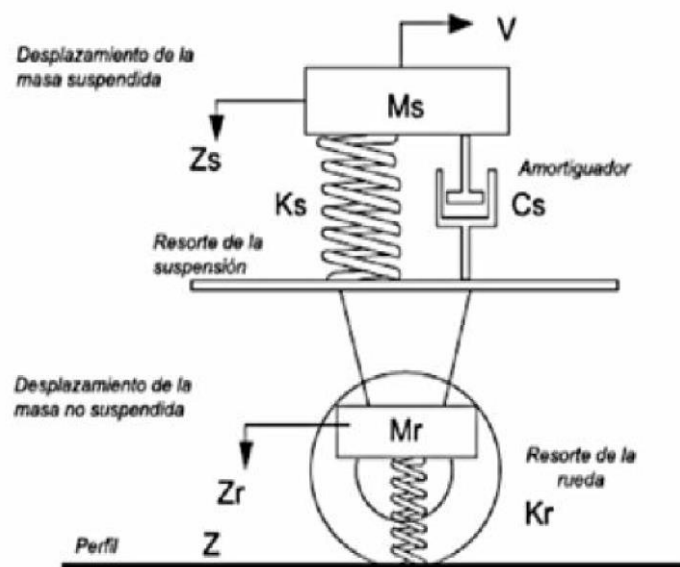


Figura 11: Modelo del cuarto de carro.

Los parámetros para la obtención del IRI son:

$$U = Mr/Ms = 0.15 \dots\dots\dots (2)$$

$$k2 = Ks/Ms = 63.3 (s-2) \dots\dots\dots (3)$$

$$c=Cs/Ms = 6 (s-1) \dots\dots\dots (4)$$

$$k1 = Kr/Ms = 653 (s-2) \dots\dots\dots (5)$$

Las variables son:

Cs: razón de amortiguación

Ks: razón de amortiguación

Kr: razón de suspensión del neumático

Ms: masa amortiguada

Zs: altura de la masa amortiguada

Zr: altura de la masa no amortiguada

Para calcular el IRI se deben asignar estos valores correspondientes al modelo del cuarto de carro y fijar una velocidad de referencia de 80 km/h.

A partir del modelo, se puede calcular el IRI en cada punto como el valor absoluto de la variable $|Zr'-Zs'|$, la cual representa a la pendiente rectificada del perfil filtrado. Además, el IRI es la media aritmética de la suma de todos los resultados de la variable $|Zr'-Zs'|$. (Solminihac, H. 2001)

2.8. Importancia del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Una carretera en malas condiciones no hace posible un fácil manejo, ya que se presenta irregularidad alta y grietas; las malas maniobras pueden producir accidentes.

La Southeastern Transportation Center University of Tennessee, hizo un estudio en el año 2008 y emitió el reporte “Effects of Asphalt Pavement Conditions on Traffic Accidents in Tennessee utilizing pavement management system (PMS)” donde se halló unas correlaciones entre la cantidad de accidentes con respecto a las condiciones de regularidad y PSI.

Ventajas de un pavimento sin irregularidades

Las superficies de rodadura de los pavimentos sin irregularidades dan al conductor confort y seguridad al transitar, lo que representa un efecto positivo en todo aspecto. Sin embargo, las consecuencias resultan muy negativas para los usuarios cuando el pavimento presenta una superficie irregular.

- a) Cargas dinámicas disminuidas en los pavimentos.
- b) Mayor tiempo de conservación de la regularidad de un pavimento.
- c) La vida de servicio aumenta.
- d) Disminuye el consumo de combustible y el costo de mantenimiento del vehículo.
- e) Disminuye el costo de mantenimiento del pavimento.

La funcionalidad de la superficie de una carretera es de suma importancia porque de esto depende la comodidad y seguridad que experimentan los usuarios y a su vez la funcionalidad determina los costos de operación de los vehículos y el mantenimiento de la carretera. Además de la regularidad superficial de la carretera depende la velocidad de circulación, consumo de las llantas y el consumo de combustible y esto se traduce en el costo para el usuario. Es muy importante conocer el estado de vía regularidad superficial de la carretera en cualquier momento de la operación de la misma, para tomar acciones de reversión y corrección correspondientes, las investigaciones del banco mundial has demostrado que corregir los defectos y deterioros superficiales de una carretera resultan más económicos que la rehabilitación de la misma. Para evaluar la regularidad superficial de una vía está el parámetro denominado Índice de Regularidad Superficial (IRI), el cual refleja la comodidad que tiene el usuario al transitar por la carretera. Los antecedentes se remontan a la década de los 70's cuando el banco mundial patrocino algunos programas de investigación para analizar algunas decisiones que debían adoptar los países desarrollados: ¿deberían los gobiernos prestar dinero para construir carreteras de calidad con altos costos o deberían ahorrar dinero con vías de menor calidad y más baratas? La rugosidad de las vías fue identificada con el factor más importante en cuanto a la calidad y al costo. El estudio encontró que los datos de rugosidad medidos en diferentes partes del mundo eran diferentes y no comparables debido a que los métodos utilizados no eran estables en el tiempo, según (Sayers, M.1986, p-45).

2.9. Métodos de medición del IRI

2.9.1. Clase 1. Perfiles de alta precisión

Es representada por los más altos niveles de precisión en la obtención del IRI. Además, es imperativo que el perfil longitudinal sea levantado topográficamente y representado a través de cotas cada 25 cm y una precisión de 0.5 mm aproximadamente.

A este grupo pertenecen los equipos de medición estáticos como los levantamientos con mira y nivel, perfilómetro de barra del TRRL, Face Dipstick. Sin embargo, presentan un bajo rendimiento y no es recomendable su uso en carreteras de larga longitud a excepción de usarlos como referencia en la comparación de cálculos con otros equipos modernos como los perfilómetros dinámicos.

Hoy en día, perfilómetros de alta tecnología, que miden el IRI rápidamente y son de gran confiabilidad y calidad, sin requerir esfuerzos de mantenimiento y calibración; no obstante, son instrumentos costosos y complejos y se necesita que sean operados por personal capacitado.



Figura 12: Modelo del cuarto de carro.

Fuente: <https://www.equiposIRI.com/productos-equipos-IRI/plataforma-hawkeye-2000/>

2.9.2. Clase 2. Otros métodos perfilométricos

Referido a los métodos que *DIRI*gen el cálculo del IRI en función del perfil longitudinal, pero no cuentan con los estándares de precisión de la clase 1. Así mismo, se incluyen métodos estáticos y perfilómetros de alta velocidad. Por ejemplo, se pueden mencionar algunos perfilómetros de clase dos como el perfilómetro inercial GMR, certificado durante el IRRE para carreteras con un IRI menor a 3 km/m, y el perfilómetro dinámico APL.



Figura 13. Perfilómetro APL.

Fuente: (Nava, 2007)

2.9.3. Clase 3. Estimaciones del IRI mediante correlaciones

Anteriormente, para medir la regularidad superficial se realizaban con sistemas tipo respuesta o sistemas de medición de rugosidad por reacción la cual estaba ligado a las características dinámicas del vehículo. Estos datos recogidos se corregían y convertían a la escala del IRI mediante ecuaciones de correlación obtenidas de la calibración de los equipos de clase 1 o 2.

Adicionalmente, se tomaban controles muy rigurosos debido a que las características mecánicas varían fácilmente. Ante estas variaciones el vehículo se volvía a calibrar (Sayers, et al., 1986).

Algunos de los equipos más usados son el NAASRA Meter, Bump Integrator y el Mays meter, etc. (Del Águila, 1999). Así mismo, el rugosímetro de MERLIN, forma parte de esta clase, a pesar de que no mida el perfil longitudinal se puede obtener valores de irregularidad superficial correlacionales con el IRI. Este instrumento de medición requiere una calibración periódica.

2.9.4. Clase 4. Valoraciones subjetivas y medidas sin calibrar

“Se usa para obtener datos referenciales para estimar el nivel de la uniformidad superficial del pavimento y relacionarlo con el IRI. Se puede usar un instrumento tipo respuesta sin calibrar para estimar el estado del camino y/o se puede evaluar mediante sensaciones de seguridad y confort al transitar por la vía. Estas apreciaciones sobre el estado de la carretera se pueden convertir a la escala del IRI a través de un estándar de la vía en función del valor del IRI” (Sánchez & De Solminihac, 1989).

2.10. Aplicativos Móviles utilizados para evaluar el IRI

2.10.1. Abakal



Figura 14. Aplicativo móvil Abakal

Fuente.- (IRI Calculator, s.f.)

Este programa permite calcular el IRI con los sensores de vibración y el GPS de los dispositivos móviles con sistema operativo Android. Realiza gráficas e informes además de permitir su calibración, teniendo en cuenta que el cálculo es aproximado y que se debe adaptar el coeficiente de ajuste comparándolo con ensayos reales. El software es desarrollado por la empresa ABAKAL y se presenta como una gran opción debido a que es una herramienta de uso gratuito. Debe conocerse que para que la aplicación proporcione resultados confiables es necesario que se realice el recorrido a una velocidad constantes de 80km/h.

Por otro lado, el modelo que utiliza es el modelo de cuarto de carro. El modelo es una representación de una rueda posterior de un automóvil, mediante masas, resortes y amortiguadores con coeficientes patrón, representa la masa del vehículo, la masa de la rueda, el amortiguador y la flexibilidad de la llanta. En el modelo medimos los movimientos verticales atribuibles a las irregularidades en el perfil longitudinal.

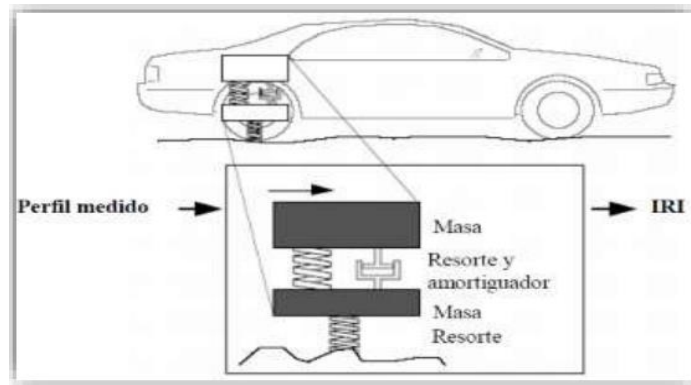


Figura 15. Modelo de cuarto de carro Nota.

Fuente: (Sayers, M. & Karamidas, S., 1988)

2.10.2. TotalPave



Figura 16. Aplicativo móvil Total Pave

Fuente. - (Total Pave Inc., s.f.)

Desarrollada por TotalPave Inc. Es una aplicación paga, ésta se encarga de recolectar datos mediante el GPS y el magnetómetro de cualquier dispositivo inteligente 24 que posea un sistema operativo Android o IOS mientras se realiza un recorrido en vehículo, a una velocidad constante que puede establecerse entre 20 a 110 Km/h. una vez realizado la recolección de los datos se envían de forma inalámbrica (WIFI o Datos móviles) a un servidor basado en la nube de TotalPave, donde los datos sin procesar se utilizan para calcular un valor de IRI para las secciones establecidas previamente en la carretera. La empresa TotalPave Inc. Es una empresa canadiense situada en New Brunswick la misma que tiene como objetivo el desarrollo de aplicaciones para uso en ingeniería de pavimentos y la optimización de recursos a muy bajo costo.

2.11. Normativa Peruana respecto a la metodología de control IRI

Problemática encontrada respecto a la falta de tolerancias dentro del mecanismo del control de la rugosidad.

Según Arteaga y Noriega (2019), desde el punto de vista técnico y contractual, la falta de tolerancias dentro de este mecanismo de control arrastra una importante problemática para el concesionario al momento de gestionar el cumplimiento de la rugosidad solicitada. En tal sentido, antes de establecer la problemática considero oportuno mencionar las siguientes hipótesis desarrolladas:

La ecuación matemática del cálculo del IRI fue planteada considerando las desviaciones con respecto a una superficie plana teórica (llana y no sinuosa), en la cual un vehículo podría transitar a 80 km/h; es decir un horizonte perfecto sin subidas ni bajadas que asegure que en la cuerda que se forma no haya desviaciones desde el inicio hasta el final de la misma. En tal sentido y considerando el fuerte trazo sinuoso y los fuertes cambios en la pendiente longitudinal necesarios para poder atravesar las cadenas montañosas que caracterizan la geografía peruana es indiscutible indicar que existe una influencia de la geometría de la vía hacia el valor calculado del IRI. Si esta influencia depende mucho del trazo de la vía, queda claro que por defecto el IRI de diseño va a ser mayor que 0 m/km que sería el valor obtenido en una superficie plana teórica ideal. Por esta razón, es que el umbral admisible que se exigen en los contratos de concesión para control de rugosidad debiera modificarse flexibilizándose según el trazo de la vía.

Así mismo, Arteaga y Noriega en su tesis Análisis de la variación del índice de regularidad internacional (IRI) en función de variables constructivas y geométricas en vías menores del año 2019, sostienen que respecto a la metodología de medición, el obtenerse la rugosidad media deslizante a partir del promedio de 5 valores de IRI individuales de 200 metros consecutivos, la convierte en una metodología mucho más susceptible a manifestar los valores picos que puedan haberse obtenido en una muestra individual de 200 metros, pudiendo sobrepasar con facilidad los umbrales máximos permisibles. Por esta razón, esta metodología de control es mucho más exigente que el IRI promedio, en la cual (tal como su nombre lo indica) se promedian todos los valores del tramo dando un solo valor absoluto como resultado y de esta forma se pueden disipar los valores picos que puedan obtenerse en los resultados de la medición.

Los pavimentos asfálticos nuevos, a partir de una serie de mediciones de IRI en proyectos de construcción de carreteras establecen que con los sistemas de pavimentación disponibles en el mercado se obtiene un IRI característico promedio

igual a 2.21 m/km¹ la cual podría calificarse como el efecto de trabajo para pavimentos nuevos.

Con base en las tres hipótesis mencionadas, la problemática identificada se encuentra en que: considerando el efecto de trabajo que se obtiene para el IRI en pavimentos nuevos con los sistemas de pavimentación disponibles en el país y sumándole la metodología de la rugosidad media móvil descrita líneas arriba, se considera que para las zonas de trazo sinuoso los valores de rugosidad obtenidos no van a ser similares a los obtenidos en zonas llanas y no sinuosas, puesto que por la influencia de la geometría de la vía no tendrán la misma línea de partida; es decir, que para zonas llanas y poco sinuosas los valores teóricos de IRI de diseño serán casi similares a 0 m/km y por lo tanto el valor de efecto de trabajo para pavimentos nuevos será similar a los valores de IRI obtenidos en campo. Caso distinto es el IRI obtenido en zonas de trazo sinuoso, donde el valor de IRI obtenido en campo será la resultante del efecto de trabajo para pavimentos nuevos sumado al IRI de diseño que en estos casos será mayor que 0 m/km.

Aceptación de los trabajos bajo la supervisión del MTC

Rugosidad:

La rugosidad de la superficie de rodadura será medida y aprobada por el Supervisor, para lo cual, por cuenta y cargo del Contratista, deberá determinarse en unidades IRI.

Para la determinación de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros, perfilómetros o cualquier otro método aprobado por el Supervisor.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del IRI se presentarán en m/km, por tramos de 5 km, registrando mediciones cada 100 m, cumpliendo los valores de la Tabla 433-04, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de rugosidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, etc., los cuales serán definidos por el Supervisor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder con la determinación del IRI.

Si los resultados del IRI exceden los límites especificados en la Tabla 433-04 del EG-2013 el tramo correspondiente será rechazado, (EG-2013, pp-722 y 723).

2.12. Mediciones del IRI en el Perú

En nuestro país se realizaron las primeras mediciones de rugosidad en el año 1992, las cuales fueron evaluadas con el rugosímetro de Merlín, este equipo fue propuesto por consultores externos que se alineaban con los requerimientos del Banco Mundial, que en esos años se encontraba en la búsqueda de implementar el concepto de gestión en la administración de caminos en los países subdesarrollados. Es importante reconocer que el Merlín fue el primer equipo utilizado para evaluar la rugosidad del pavimento en el país. Años después, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción adquirió un Bump Integrator, con la finalidad de implementarlo en los controles de calidad y aceptación de obras, así como en la definición de acciones correctivas o de mantenimiento y los programas de monitoreo de las redes viales nacionales. Finalmente, se concluyó que era complicado establecer las mismas condiciones vehículo – dispositivo que aseguren la repetitividad de las mediciones.

En 1994, el Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú, otorgo la primera concesión a nivel de proyecto, que comprendía la rehabilitación y mantenimiento del tramo Arequipa – Matarani, incluyendo la administración general de este proyecto. En esta concesión, se estableció como factor de control de la rugosidad el uso de la metodología denominada IRI promedio, que consiste en obtener un valor producto de los valores que se han ido registrando durante todo el tramo. Posteriormente, en octubre del año 1995, a través del Proyecto Especial de Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes (PERT), se tuvo alcance de las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad, las cuales empezaron a considerarse en los controles de calidad requeridos para la recepción de las obras; en estas especificaciones se menciona que la rugosidad de los pavimentos se deberá controlar calculando un parámetro denominado IRI característico (IRI_c) que es el resultado del cálculo del IRI promedio más el producto de 1.645 por la desviación estándar. Se estableció que para la recepción de obras se debe trabajar con los siguientes parámetros:

- a) IRI_c menor o igual a 2.0 m/km para pavimentos de nueva construcción.
- b) IRI_c menor o igual a 2.5 m/km para tramos de refuerzo de pavimentos.
- c) IRI_c menor o igual a 3.0 m/km en tramos de sellado de pavimento existente.

A partir de la implementación de las especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras EG-2000, fueron estableciéndose controles de calidad para la recepción de IRI tomando en cuenta el tipo de superficie construida: 2.0 m/km para mezcla asfáltica en caliente y lechadas asfálticas, 2.5 m/km para tratamientos

superficiales y 3.0 m/km para pavimentos de concreto hidráulico.

PROVIAS NACIONAL, en el año 2004 a través de la implementación de la sistematización de su oficina de gestión de carreteras, buscaba optimizar los trabajos administrativos en cuestión de mantenimiento y rehabilitación, realizando una medición de rugosidad de aproximadamente 9,000 km de pavimentos de la red vial nacional asfaltada, utilizando un perfilómetro laser de marca Dynatest, este equipo fue adquirido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con esa finalidad y también la de asegurar la constancia de monitores a futuro. La información obtenida, nutrió la base de datos del inventario vial calificado y brindo mayores alcances del valor patrimonial que tenía la red vial nacional asfaltada hasta la fecha. Durante los trabajos se evidencio la particularidad del dispositivo en cuanto a la medición, ya que almacenaba información obtenida por huellas por cada 200 metros de recorrido, y se utilizó como metodología de medición de rugosidad, el promedio aritmético de las mismas. Así mismo, es importante señalar que por primera vez en nuestro país se utilizaba tecnología clase 1 para mediciones de rugosidad.

Actualmente se han implementado políticas de privatización mediante las concesiones de las redes viales y otras metodologías de medición de rugosidad, como umbrales admisibles, fueron apareciendo y diversificándose. Siendo así, que para optimizar los métodos de control y gestión de la rugosidad en dichas concesiones viales surge la metodología de control y el umbral admisible. Esto ha ido cambiando sin tomar en cuenta consideraciones importantes en cuanto a la exigencia y estándares que debe tener el concesionario y el beneficio que pueda generar a la población.

A continuación, se presentan los umbrales admisibles para algunas concesiones realizadas en el Perú:

Concesión	Año	Metodología	IRI				
			Obras Nuevas	Operación	Tolerancia	IMD (Veh/día)	Velocidad de diseño (km/h)
Arequipa – Matarani	1994	IRI promedio	2.0	2.0	No	2,500	60
Red Vial N°5	2003	IRI promedio	3.5	3.5	No	3,500	75
Red Vial N°6	2005	IRI promedio	2.0	3.0	20% y 15%	4,500	75
IIRSA norte, IIRSA sur, tramos 2, 3 y 4	2006	IRI Media deslizante	2.5 / 3.5	3.5 / 4.0	20% y 15%	400	50
IIRSA sur tramos 1 y 5	2007	IRI Media deslizante	2.0 / 2.5	3.5 / 4.0	No	400	50
Buenos Aires - Canchanque	2007	IRI Media deslizante	2.5 / 3.0	3.5 / 4.0	No	200	50
Autopista del Sol	2009	IRI Media deslizante	2.0	3.5	No	3,000	75
IIRSA centro T-2	2010	IRI Media deslizante	2.0	3.5	No	4,000	50

Tabla N°03. Consolidado de exigencias de rugosidad en concesiones viales en el Perú.

Fuente: Obanto, W. (2009).

2.13. Especificaciones Técnicas para las mediciones del IRI en el Perú

Inicialmente estas especificaciones técnicas, utilizadas en el Perú, para medir la rugosidad, relacionaban la exigencia del IRI con el valor del PSI; el cual era usado para el diseño de pavimentos nuevos. Este valor del PSI, que según la escala de Sayers en valor IRI era igual a 1.23 m/km, supuestamente debía ser alcanzado con procesos constructivos convencionales. Sin embargo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones emitió una opinión, donde se indica que el valor propuesto como umbral era demasiado exigente; esto llevo a establecer, según su opinión, un límite más flexible para el caso de los pavimentos en las construcciones nuevas. En tal sentido, la exigencia establecida solicitaba una rugosidad máxima de 1.5 m/km. Para el caso de los pavimentos recapeados o con refuerzos asfálticos, se consideró que el grado de deformación de la carpeta existente incidía negativamente en los resultados de rugosidad del pavimento final. Considerando que ya se tenía conocimiento del criterio de proyectar recapeos solo para estructuras existentes con rugosidad no mayor de 3 m/km, se estableció límite de 2.0 m/km. En octubre de 1995 mediante el Proyecto Especial de Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes (PERT) se dieron a conocer las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad que fueron presentadas en el ítem anterior.

Actualmente se rige los parámetros de la vía por el Manual de carreteras de Mantenimiento o Conservación Vial quien nos dice que niveles de IRI máximos debemos obtener para las distintas etapas en construcción o mantenimiento de una vía. Como se detalla en la tabla 4.

Tabla N°04. Niveles de servicio par calzada.

3b. Niveles de servicio para: CALZADA (Concreto Asfáltico)		Nivel de Servicio Tipo de Vía				
		Autopista 1ª clase	Autopista 2ª clase	Carretera 1ª clase	Carretera 2ª Clase	Carretera 3ª Clase
Parámetro	Medida	IMD > 6000	4001 ≤ IMD ≤ 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	400 ≤ IMD ≤ 2000	IMD < 400
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	3%	3%	3%	5%	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	0%	0%	0%	0%	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	0%	0%	0%	0%	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	0%	0%	0%	0%	0%
Peladuras y Desprendimientos	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	0%	0%	5%	5%	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	0%	0%	0%	0%	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	2%	2%	2%	5%	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	0%	0%	0%	0%	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo)	2.0 IRI: (1)	2.0 IRI: (1)	2.2 IRI: (2)	2.4 IRI: (3)	2.8 IRI: (5)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (con Recapa Asfáltica)	2.5 IRI: (1)	2.5 IRI: (1)	2.7 IRI: (2)	2.9 IRI: (3)	3.3 IRI: (5)
Rugosidad Periodo de Servicio	Rugosidad característica del tramo (Periodo de Servicio)	3.3 IRI: (1)	3.3 IRI: (1)	3.5 IRI: (2)	3.7 IRI: (3)	4.1 IRI: (5)
Fricción Superficial	Coefficiente de Fricción medido en pavimento mejorado	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.50	No menor de 0.50

(1) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 95%. IRI_c = IRI_p + 1,645 x d_s
(2) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 90%. IRI_c = IRI_p + 1,282 x d_s
(3) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 85%. IRI_c = IRI_p + 1,036 x d_s
(4) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 80%. IRI_c = IRI_p + 0,842 x d_s
(5) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 75%. IRI_c = IRI_p + 0,674 x d_s
IRI_p = IRI promedio
d_s = desviación estándar
Fuente: Elaboración Propia, en base a Contratos de Concesión Vial, Contratos por Niveles de Servicio, Tabla de parámetros globales del HDM4, Manual de Suelos y Pavimentos del MTC.

CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Con la determinación del índice de regularidad internacional (IRI) se establece el nivel de servicio de la superficie de rodadura utilizando aplicativos móviles.

3.1.2. Hipótesis específica

1. Con los valores del IRI calculados, utilizando el aplicativo móvil ABAKAL, se establece el nivel de servicio de la superficie de rodadura.
2. Con los valores del IRI calculados, utilizando el aplicativo móvil TOTAL PAVE, se establece el nivel de servicio de la superficie de rodadura.
3. Comparando los resultados del IRI obtenidos de los aplicativos móviles, se establece el grado de confiabilidad de cada uno de los aplicativos móviles.

3.2. Definición de variables

3.2.1. Variables independientes

Índice de Regularidad Internacional

Definición conceptual: El Índice de Regularidad Internacional (IRI) presenta una escala única de valores para la medida de la regularidad superficial de los caminos. Este índice simula la respuesta de un vehículo al circular por una carretera a 80 km/h y por lo tanto permite considerar factores como seguridad, confort y costo de uso de los vehículos.

Definición operacional: El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad relaciona la acumulación del desplazamiento (en valor absoluto), de la masa superior con respecto a la inferior de un vehículo modelo, dividido entre la distancia recorrida sobre un camino transitado por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. EL IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/milla, etc.

3.2.2. Variables dependientes

Serviciabilidad de la Superficie de Rodadura

Definición conceptual: Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. En la conservación vial por niveles de

servicio, las actividades se realizan para cumplir los estándares admisibles y no se miden por las cantidades ejecutadas.

Definición operacional: Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

3.2.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla N°05. Tabla de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	INDICES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTA
EL INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)	el Índice de Regularidad Internacional (IRI) presenta una escala única de valores para la medida de la regularidad superficial de los caminos. Este índice simula la respuesta de un vehículo al circular por una carretera a 80 km/h y por lo tanto permite considerar factores como seguridad, confort y costo de uso de los vehículos.	El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad relaciona la acumulación del desplazamiento (en valor absoluto), de la masa superior con respecto a la inferior de un vehículo modelo, dividido entre la distancia recorrida sobre un camino transitado por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. EL IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/milla, etc.	INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)	Aplicativo RoadBump. Aplicativo RoadRoid Aplicativo ABAKAL	m/km	APLICATIVO MOVIL	CELULAR
NIVEL DE SERVICIO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA	Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. En la conservación vial por niveles de servicio, las actividades se realizan para cumplir los estándares admisibles y no se miden por las cantidades ejecutadas.	Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.	condicion superficial, condicion funcional, condicion estructural, condicion de seguridad	Adimensional	adimensional	MANUAL DE MTC	CARRETERA

CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1. Tipo y nivel de investigación

Este estudio es descriptivo explicativo, explicativo porque pretende explicar el alcance de los aplicativos móviles encontrando el IRI para hallar el nivel de servicio de la superficie de rodadura.

La investigación es descriptiva, debido a que cumple con la metodología de un recorrido histórico, basado en tesis; que aportará una correcta interpretación recopilando información de los datos obtenidos por los aplicativos móviles.

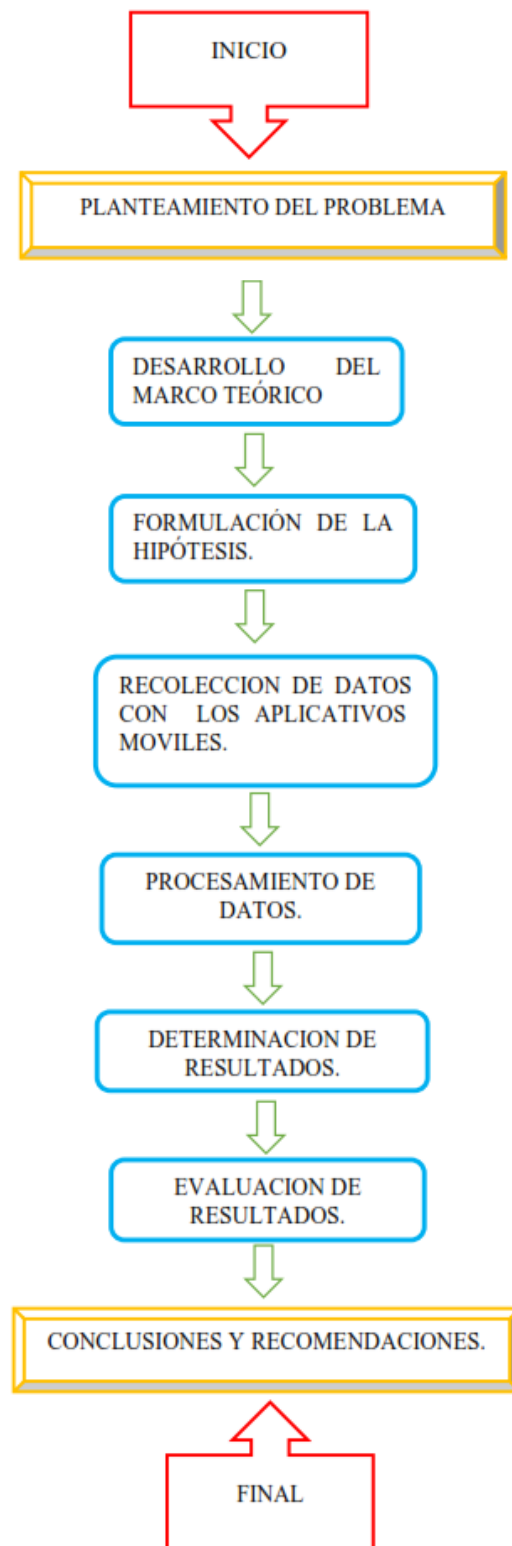
4.2. Diseño de investigación

El diseño del trabajo de investigación es experimental, transversal, retrospectivo. Debido a que utilizaremos datos obtenidos en los ensayos realizados por nosotros para su análisis posterior.

Es una investigación experimental porque se realizada con un enfoque científico, donde hay un conjunto de variables que se mantienen constantes, mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto del experimento (datos obtenidos por lo aplicativos móviles).

Es un estudio transversal debido a que el objetivo del estudio es analizar las variables y extraer conclusiones sobre el comportamiento de estas. Por esta razón, los datos que se recopilan en el estudio provienen de aplicativos móviles que son similares en todas las variables, exceptuando aquella que está estudiándose; por lo que esta última permanece constante.

4.3. Diseño de ingeniería



4.4. Método de la investigación

El método de estudio de la presente tesis es inductivo, debido a que se llegara a una conclusión general partiendo de casos particulares, como es la obtención de datos a partir de los tres aplicativos móviles.

4.5. Población y muestra

La población son todas las carreteras sobre las que se puede ejecutar y obtener la determinación del IRI.

El diseño muestral de nuestra investigación es la carretera vía los libertadores y su tramo de 40 km que será evaluado para la obtención de su IRI.

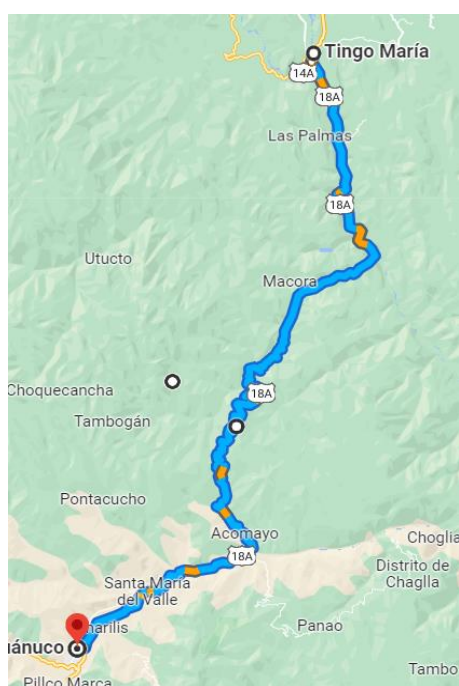


Figura 17: Carretera Escogida

Fuente: Google Maps

4.6. Técnicas e instrumentos para captura de datos

La técnica utilizada es el uso de un teléfono inteligente (Samsung A51, A52), mediante los aplicativos ABAKAL Y TOTALPAVE, para la obtención del índice de regularidad del pavimento, y en base a valores determinados se pueda calcular el nivel de servicio de la superficie de rodadura en función del IRI ponderado de cada aplicativo, finalmente indicar el nivel de confiabilidad con respecto a un mantenimiento previamente realizado a la carretera PE 18A por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante un perfilómetro laser.

La técnica para la obtención de datos es utilizar los aplicativos móviles instalados en dos celulares y a su vez estos acoplados en el parabrisa del auto Kia Cerato 2013 que se uso para el siguiente trabajo de investigación.



Figura 18: Auto Kia Cerato utilizado para la obtención de data del trabajo de investigación

Fuente: propia



Figura 19: teléfonos móviles utilizados para la obtención de data del trabajo de investigación

Fuente: propia

4.6.1. Recolección de datos mediante aplicativo Abakal.

Instalar el aplicativo ABAKAL IRI en el celular, y tener las funciones de GPS activadas.

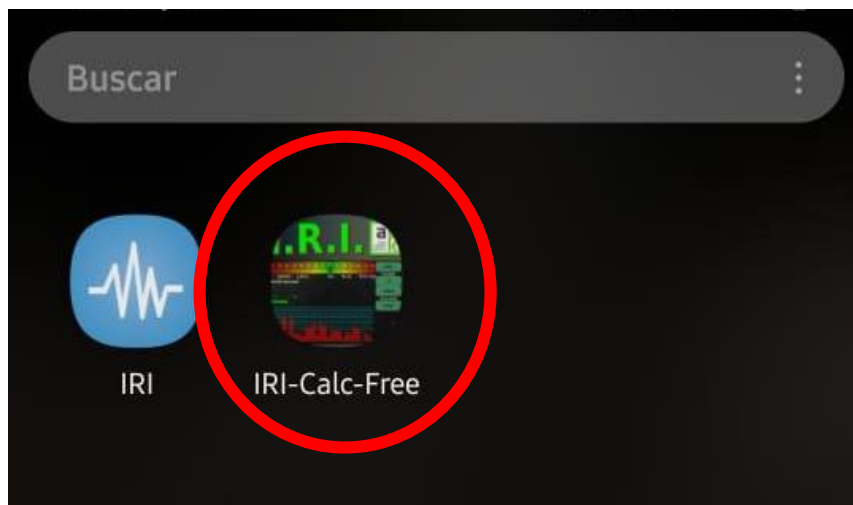


Figura 20: aplicativo móvil ABAKAL

Fuente: propia

Instalación del aplicativo y activación de GPS, instalar el sujetador del celular en la ventana delantera (parabrisas) del vehículo, de modo que se encuentre fija, estable y fácil de alcanzar con las manos.



Figura 21: sujetador de celular instalado y aplicativo móvil ABAKAL en marcha

Fuente: propia

Abrir la aplicación ABAKAL IRI pulsando el ícono del programa INICIAR.

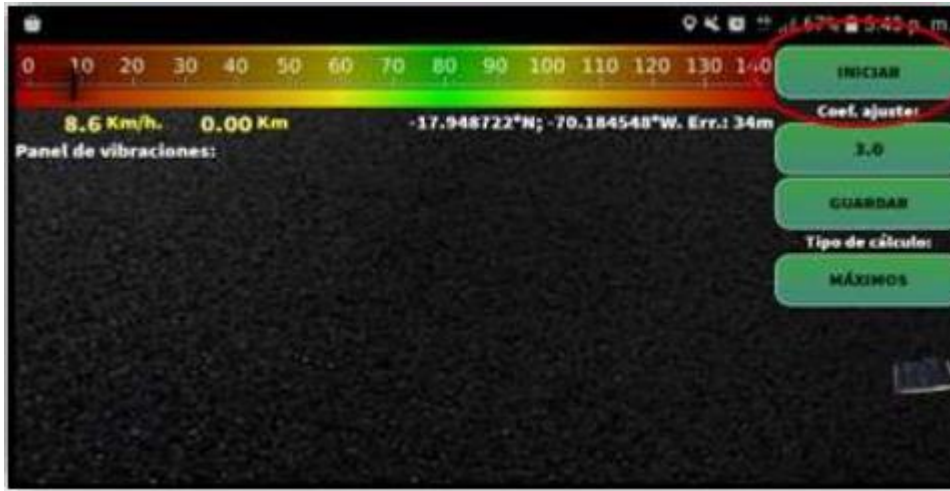


Figura 22: icono a presionar para dar inicio al aplicativo

Fuente: propia

Dar a la opción de conteo, en este punto el programa ira tomando datos de la vibración, el coeficiente de ajuste por defecto es 2 para el tipo de cálculo estadístico y 4 para el tipo de cálculo de máximos, reflejándolos en la graficas logarítmicas que se tiene en la parte inferior del programa.

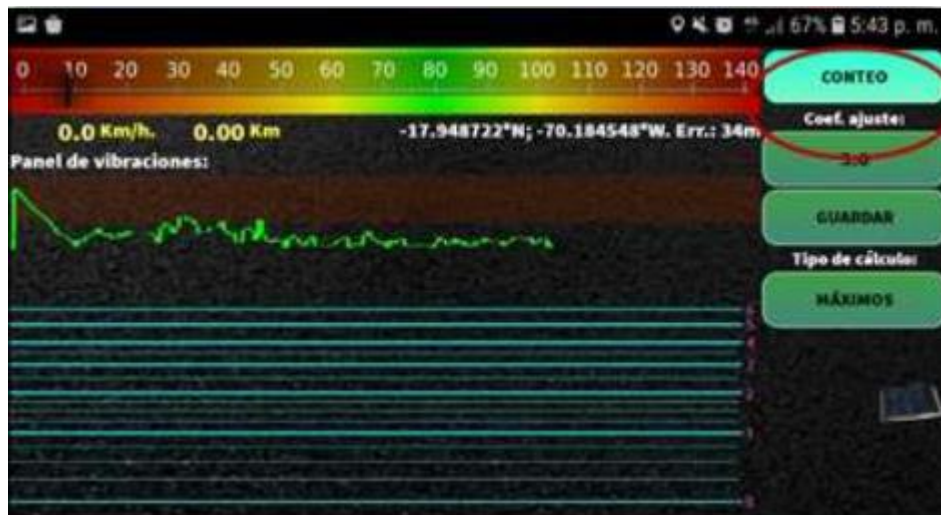


Figura 23: icono para dar inicio a la toma de datos

Fuente: propia

4.6.2. Recolección de datos Total Pave.

Instalar el aplicativo ABAKAL IRI en el celular, y tener las funciones de GPS activadas.

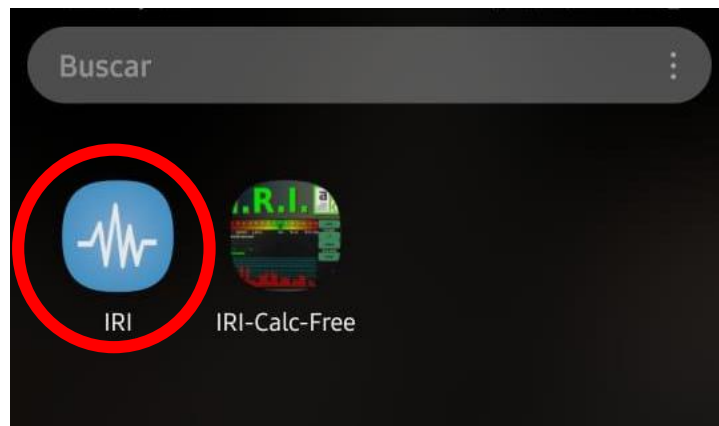


Figura 24: aplicativo móvil TOTAL PAVE

Fuente: propia

Haga clic en la aplicación desde el administrador de aplicaciones de su teléfono. Ingrese su dirección de correo electrónico de inicio de sesión y contraseña. Tenga en cuenta que, si no tiene una dirección de correo electrónico y una contraseña de inicio de sesión, comuníquese con el administrador del sistema.



Figura 25: listo para dar inicio a recopilación de datos

Fuente: propia

La velocidad operativa para la recopilación de datos IRI es de 20 km/h a 90 km/h. Si el sistema detecta que viaja por debajo del umbral de velocidad durante la grabación, activará automáticamente el "Modo lento", como se muestra en la Figura 25. Los tipos de automóviles estipulados en la configuración son: a) Automóvil pequeño. b) Automóvil normal o común. c) Furgoneta y Camioneta de doble tracción o 4x4

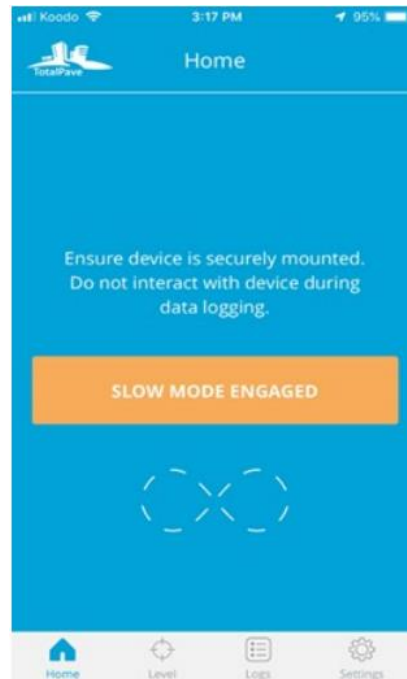


Figura 26: Modo lento

Fuente: propia

Todos los datos que vayan a ser recopilados mientras el aplicativo detecte el modo lento se filtraran del cálculo del IRI, lo que nos garantiza que solo se utilicen IRI obtenido dentro del umbral de velocidad.

Si en el camino hubiese problemas con el GPS debido a la interferencia de señal con los satélites, se podrá ver el siguiente anuncio.

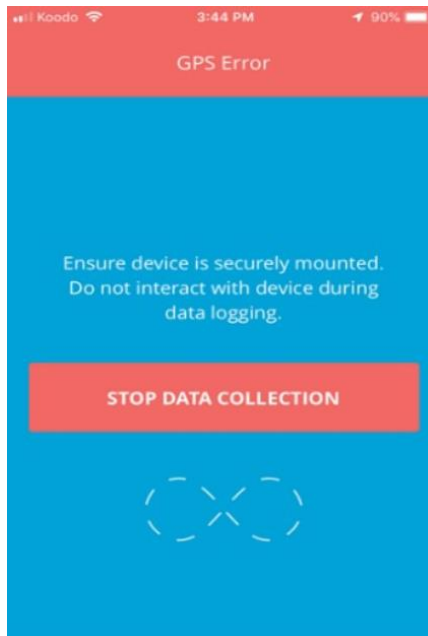


Figura 27: detener colección de datos

Fuente: propia

Luego de haber terminado el recorrido para la recolección de datos con el aplicativo TOTAL PAVE, los registros se almacenan automáticamente en su cuenta de Total Pave como se observa en la figura 27

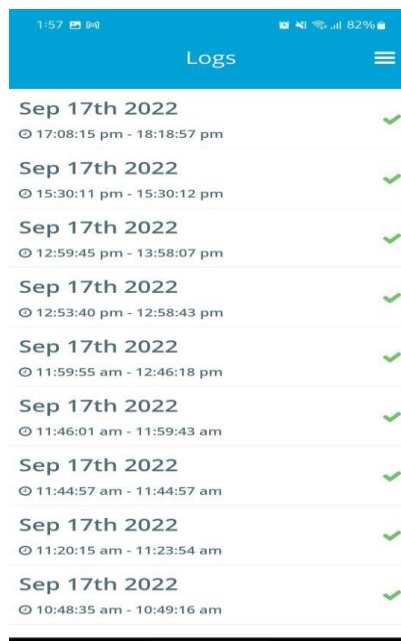


Figura 28: almacenamiento de registros de IRI

Fuente: propia

Una vez cargados los registros a la web Total Pave, el aplicativo hace la evaluación por defecto de un cálculo del IRI cada 100m, de la misma forma

los cálculos ponderados del recorrido el programa nos muestra un mapa temático con el recorrido y el nivel de la vía.

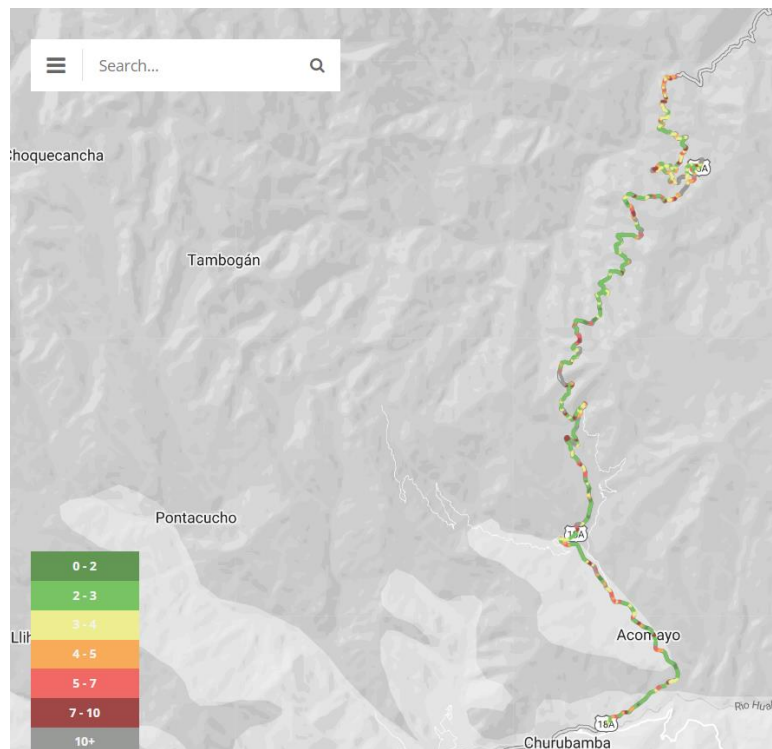


Figura 29: evaluación de IRI según recorrido de la carretera estudiada

Fuente: propia

CAPITULO V: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

5.1. Índice de Regularidad Internacional según el perfilometro laser

- Estado situacional de la carretera

La carretera escogida para siguiente investigación es carretera PE-18A Huánuco - Tingo María perteneciente a la red vial del Perú (Ver figura 17). En la cual se realizaron trabajos de rehabilitación y mantenimiento en el año 2016 DITRANSEVA.

En el año 2019, PROVIAS NACIONAL realizo un estudio para determinar la condición del pavimento de la carretera estudiada utilizando un perfilómetro laser siendo este un equipo de alta precisión (clase 1).

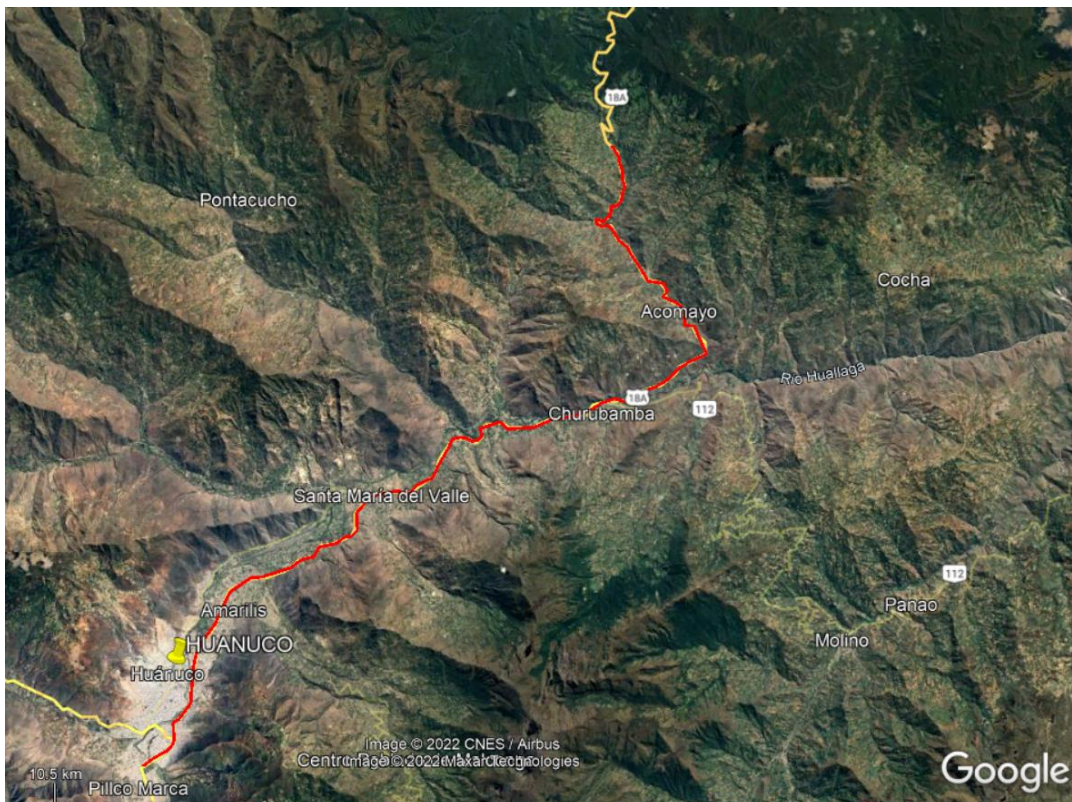


Figura 30: Tramo de Estudio de la carretera Huánuco – Tingo María (0+030 – 0+90)

Fuente: Google Earth Pro

La tolerancia que se ha establecido para el desarrollo de la investigación, obedecen a lo establecido en el Manual de Carreteras: Mantenimiento y conservación vial (página 44), donde la obtención de la rugosidad en una obra con recapa asfáltica, es decir, que

ha pasado por una etapa de rehabilitación o mantenimiento. Esta tolerancia establece que el IRIc de los tramos estudiados no debe ser mayor de 2.5 m/Km.

- **Resultados obtenidos con perfilómetro laser.**

Se trabajó en el tramo EMP PE-3N (HUANUCO) – Emp PE-14A (TINGO MARIA). En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos con el perfilómetro laser en el tramo desde el Km 30+000 hasta el Km 60+000 en donde se realizó un tratamiento superficial.

Tabla 6: Valores obtenidos con el perfilómetro laser

Carretera	Calzada	Faja	Progresiva Inicial	Progresiva Final	IRI	Observaciones	Fecha
PE-18A	CD	2	30+00	30+200	1.47		21-07-19
PE-18A	CD	2	30+200	30+400	1.45		21-07-19
PE-18A	CD	2	30+400	30+600	1.48		21-07-19
PE-18A	CD	2	30+600	30+800	2.38		21-07-19
PE-18A	CD	2	30+800	31+000	4.39		21-07-19
PE-18A	CD	2	31+000	31+200	2.41		21-07-19
PE-18A	CD	2	31+200	31+400	1.71		21-07-19
PE-18A	CD	2	31+400	31+600	2.12		21-07-19
PE-18A	CD	2	31+600	31+800	1.50		21-07-19
PE-18A	CD	2	31+800	32+000	2.05		21-07-19
PE-18A	CD	2	32+000	32+200	2.67		21-07-19
PE-18A	CD	2	32+200	32+400	1.80		21-07-19
PE-18A	CD	2	32+400	32+600	3.84		21-07-19
PE-18A	CD	2	32+600	32+800	2.36		21-07-19
PE-18A	CD	2	32+800	33+000	1.83		21-07-19
PE-18A	CD	2	33+000	33+200	1.47		21-07-19
PE-18A	CD	2	33+200	33+400	1.80		21-07-19
PE-18A	CD	2	33+400	33+600	2.04		21-07-19
PE-18A	CD	2	33+600	33+800	1.80		21-07-19
PE-18A	CD	2	33+800	34+000	3.57		21-07-19
PE-18A	CD	2	34+000	34+200	1.52		21-07-19
PE-18A	CD	2	34+200	34+400	6.70		21-07-19
PE-18A	CD	2	34+400	34+600	1.53		21-07-19
PE-18A	CD	2	34+600	34+800	1.86		21-07-19
PE-18A	CD	2	34+800	35+000	7.06		21-07-19
PE-18A	CD	2	35+000	35+200	4.31		21-07-19
PE-18A	CD	2	35+200	35+400	4.39		21-07-19
PE-18A	CD	2	35+400	35+600	1.99		21-07-19
PE-18A	CD	2	35+600	35+800	1.48		21-07-19
PE-18A	CD	2	35+800	36+000	1.29		21-07-19
PE-18A	CD	2	36+000	36+200	1.67		21-07-19
PE-18A	CD	2	36+200	36+400	1.95		21-07-19
PE-18A	CD	2	36+400	36+600	3.17		21-07-19
PE-18A	CD	2	36+600	36+800	2.23		21-07-19

PE-18A	CD	2	36+800	37+000	1.97		21-07-19
PE-18A	CD	2	37+000	37+200	1.87		21-07-19
PE-18A	CD	2	37+200	37+400	1.75		21-07-19
PE-18A	CD	2	37+400	37+600	1.87		21-07-19
PE-18A	CD	2	37+600	37+800	4.27		21-07-19
PE-18A	CD	2	37+800	38+000	1.70		21-07-19
PE-18A	CD	2	38+000	38+200	1.28		21-07-19
PE-18A	CD	2	38+200	38+400	1.31		21-07-19
PE-18A	CD	2	38+400	38+600	1.90		21-07-19
PE-18A	CD	2	38+600	38+800	1.50		21-07-19
PE-18A	CD	2	38+800	39+000	1.59		21-07-19
PE-18A	CD	2	39+000	39+200	1.93		21-07-19
PE-18A	CD	2	39+200	39+400	1.24		21-07-19
PE-18A	CD	2	39+400	39+600	1.83		21-07-19
PE-18A	CD	2	39+600	39+800	2.91		21-07-19
PE-18A	CD	2	39+800	40+000	1.95		21-07-19
PE-18A	CD	2	40+000	40+200	2.08		21-07-19
PE-18A	CD	2	40+200	40+400	2.79		21-07-19
PE-18A	CD	2	40+400	40+600	1.42		21-07-19
PE-18A	CD	2	40+600	40+800	2.11		21-07-19
PE-18A	CD	2	40+800	41+000	1.96		21-07-19
PE-18A	CD	2	41+000	41+200	2.11		21-07-19
PE-18A	CD	2	41+200	41+400	4.91	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	41+400	41+600	1.97		21-07-19
PE-18A	CD	2	41+600	41+800	1.73		21-07-19
PE-18A	CD	2	41+800	42+000	2.11		21-07-19
PE-18A	CD	2	42+000	42+200	1.86		21-07-19
PE-18A	CD	2	42+200	42+400	1.77		21-07-19
PE-18A	CD	2	42+400	42+600	1.59		21-07-19
PE-18A	CD	2	42+600	42+800	1.48		21-07-19
PE-18A	CD	2	42+800	43+000	1.70		21-07-19
PE-18A	CD	2	43+000	43+200	1.57		21-07-19
PE-18A	CD	2	43+200	43+400	1.53		21-07-19
PE-18A	CD	2	43+400	43+600	2.14		21-07-19
PE-18A	CD	2	43+600	43+800	1.69		21-07-19
PE-18A	CD	2	43+800	44+000	1.46		21-07-19
PE-18A	CD	2	44+000	44+200	1.88		21-07-19
PE-18A	CD	2	44+200	44+400	1.71		21-07-19
PE-18A	CD	2	44+400	44+600	1.40		21-07-19
PE-18A	CD	2	44+600	44+800	1.93		21-07-19
PE-18A	CD	2	44+800	45+000	2.66		21-07-19
PE-18A	CD	2	45+000	45+200	1.86		21-07-19
PE-18A	CD	2	45+200	45+400	1.53		21-07-19
PE-18A	CD	2	45+400	45+600	1.81		21-07-19
PE-18A	CD	2	45+600	45+800	1.57		21-07-19
PE-18A	CD	2	45+800	46+000	4.24	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	46+000	46+200	3.38	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	46+200	46+400	6.40	PAV. RIGIDO	21-07-19

PE-18A	CD	2	46+400	46+600	6.19	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	46+600	46+800	6.00	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	46+800	47+000	2.39		21-07-19
PE-18A	CD	2	47+000	47+200	1.64		21-07-19
PE-18A	CD	2	47+200	47+400	1.63		21-07-19
PE-18A	CD	2	47+400	47+600	1.78		21-07-19
PE-18A	CD	2	47+600	47+800	1.76		21-07-19
PE-18A	CD	2	47+800	48+000	5.42	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	48+000	48+200	2.72		21-07-19
PE-18A	CD	2	48+200	48+400	1.75		21-07-19
PE-18A	CD	2	48+400	48+600	4.23	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	48+600	48+800	5.15	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	48+800	49+000	3.96	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	49+000	49+200	1.87		21-07-19
PE-18A	CD	2	49+200	49+400	1.97		21-07-19
PE-18A	CD	2	49+400	49+600	1.99		21-07-19
PE-18A	CD	2	49+600	49+800	1.70		21-07-19
PE-18A	CD	2	49+800	50+000	1.79		21-07-19
PE-18A	CD	2	50+000	50+200	1.61		21-07-19
PE-18A	CD	2	50+200	50+400	1.85		21-07-19
PE-18A	CD	2	50+400	50+600	2.15		21-07-19
PE-18A	CD	2	50+600	50+800	1.45		21-07-19
PE-18A	CD	2	50+800	51+000	1.77		21-07-19
PE-18A	CD	2	51+000	51+200	1.89		21-07-19
PE-18A	CD	2	51+200	51+400	1.94		21-07-19
PE-18A	CD	2	51+400	51+600	1.89		21-07-19
PE-18A	CD	2	51+600	51+800	2.17		21-07-19
PE-18A	CD	2	51+800	52+000	2.04		21-07-19
PE-18A	CD	2	52+000	52+200	1.61		21-07-19
PE-18A	CD	2	52+200	52+400	1.87		21-07-19
PE-18A	CD	2	52+400	52+600	1.71		21-07-19
PE-18A	CD	2	52+600	52+800	1.49		21-07-19
PE-18A	CD	2	52+800	53+000	2.02		21-07-19
PE-18A	CD	2	53+000	53+200	2.26		21-07-19
PE-18A	CD	2	53+200	53+400	1.86		21-07-19
PE-18A	CD	2	53+400	53+600	1.83		21-07-19
PE-18A	CD	2	53+600	53+800	1.71		21-07-19
PE-18A	CD	2	53+800	54+000	1.54		21-07-19
PE-18A	CD	2	54+000	54+200	1.76		21-07-19
PE-18A	CD	2	54+200	54+400	1.95		21-07-19
PE-18A	CD	2	54+400	54+600	2.10		21-07-19
PE-18A	CD	2	54+600	54+800	1.93		21-07-19
PE-18A	CD	2	54+800	55+000	1.89		21-07-19
PE-18A	CD	2	55+000	55+200	1.66		21-07-19
PE-18A	CD	2	55+200	55+400	1.71		21-07-19
PE-18A	CD	2	55+400	55+600	1.67		21-07-19
PE-18A	CD	2	55+600	55+800	1.53		21-07-19
PE-18A	CD	2	55+800	56+000	4.43	PAV. RIGIDO	21-07-19

PE-18A	CD	2	56+000	56+200	2.12		21-07-19
PE-18A	CD	2	56+200	56+400	1.92		21-07-19
PE-18A	CD	2	56+400	56+600	1.94		21-07-19
PE-18A	CD	2	56+600	56+800	3.88		21-07-19
PE-18A	CD	2	56+800	57+000	4.04	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	57+000	57+200	4.74		21-07-19
PE-18A	CD	2	57+200	57+400	2.52		21-07-19
PE-18A	CD	2	57+400	57+600	1.59		21-07-19
PE-18A	CD	2	57+600	57+800	1.82		21-07-19
PE-18A	CD	2	57+800	58+000	2.33		21-07-19
PE-18A	CD	2	58+000	58+200	3.98	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	58+200	58+400	1.92		21-07-19
PE-18A	CD	2	58+400	58+600	2.00		21-07-19
PE-18A	CD	2	58+600	58+800	2.31		21-07-19
PE-18A	CD	2	58+800	59+000	1.89		21-07-19
PE-18A	CD	2	59+000	59+200	2.16		21-07-19
PE-18A	CD	2	59+200	59+400	3.58	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	59+400	59+600	1.97		21-07-19
PE-18A	CD	2	59+600	59+800	2.79		21-07-19
PE-18A	CD	2	59+800	60+000	1.95		21-07-19
PE-18A	CD	2	60+000	60+200	3.22		21-07-19
PE-18A	CD	2	60+200	60+400	5.00		21-07-19
PE-18A	CD	2	60+400	60+600	1.78		21-07-19
PE-18A	CD	2	60+600	60+800	2.45		21-07-19
PE-18A	CD	2	60+800	61+000	2.28		21-07-19
PE-18A	CD	2	61+000	61+200	1.81		21-07-19
PE-18A	CD	2	61+200	61+400	1.75		21-07-19
PE-18A	CD	2	61+400	61+600	2.04		21-07-19
PE-18A	CD	2	61+600	61+800	1.63		21-07-19
PE-18A	CD	2	61+800	62+000	1.87		21-07-19
PE-18A	CD	2	62+000	62+200	1.83		21-07-19
PE-18A	CD	2	62+200	62+400	1.93		21-07-19
PE-18A	CD	2	62+400	62+600	2.02		21-07-19
PE-18A	CD	2	62+600	62+800	1.89		21-07-19
PE-18A	CD	2	62+800	63+000	2.54		21-07-19
PE-18A	CD	2	63+000	63+200	2.16		21-07-19
PE-18A	CD	2	63+200	63+400	1.68		21-07-19
PE-18A	CD	2	63+400	63+600	1.84		21-07-19
PE-18A	CD	2	63+600	63+800	2.42		21-07-19
PE-18A	CD	2	63+800	64+000	1.28		21-07-19
PE-18A	CD	2	64+000	64+200	1.52		21-07-19
PE-18A	CD	2	64+200	64+400	1.70		21-07-19
PE-18A	CD	2	64+400	64+600	2.04		21-07-19
PE-18A	CD	2	64+600	64+800	2.29		21-07-19
PE-18A	CD	2	64+800	65+000	2.09		21-07-19
PE-18A	CD	2	65+000	65+200	3.12		21-07-19
PE-18A	CD	2	65+200	65+400	1.51		21-07-19
PE-18A	CD	2	65+400	65+600	1.99		21-07-19

PE-18A	CD	2	65+600	65+800	1.91		21-07-19
PE-18A	CD	2	65+800	66+000	1.83		21-07-19
PE-18A	CD	2	66+000	66+200	1.49		21-07-19
PE-18A	CD	2	66+200	66+400	4.23	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	66+400	66+600	1.75		21-07-19
PE-18A	CD	2	66+600	66+800	2.01		21-07-19
PE-18A	CD	2	66+800	67+000	2.17		21-07-19
PE-18A	CD	2	67+000	67+200	1.85		21-07-19
PE-18A	CD	2	67+200	67+400	1.58		21-07-19
PE-18A	CD	2	67+400	67+600	2.45		21-07-19
PE-18A	CD	2	67+600	67+800	1.63		21-07-19
PE-18A	CD	2	67+800	68+000	2.20		21-07-19
PE-18A	CD	2	68+000	68+200	1.84		21-07-19
PE-18A	CD	2	68+200	68+400	1.83		21-07-19
PE-18A	CD	2	68+400	68+600	1.65		21-07-19
PE-18A	CD	2	68+600	68+800	2.37		21-07-19
PE-18A	CD	2	68+800	69+000	2.38		21-07-19
PE-18A	CD	2	69+000	69+200	1.63		21-07-19
PE-18A	CD	2	69+200	69+400	1.53		21-07-19
PE-18A	CD	2	69+400	69+600	1.44		21-07-19
PE-18A	CD	2	69+600	69+800	2.03		21-07-19
PE-18A	CD	2	69+800	70+000	2.62		21-07-19
PE-18A	CD	2	70+000	70+200	2.76		21-07-19
PE-18A	CD	2	70+200	70+400	3.12		21-07-19
PE-18A	CD	2	70+400	70+600	2.69		21-07-19
PE-18A	CD	2	70+600	70+800	2.36		21-07-19
PE-18A	CD	2	70+800	71+000	2.63		21-07-19
PE-18A	CD	2	71+000	71+200	2.88		21-07-19
PE-18A	CD	2	71+200	71+400	2.94		21-07-19
PE-18A	CD	2	71+400	71+600	3.03		21-07-19
PE-18A	CD	2	71+600	71+800	3.14		21-07-19
PE-18A	CD	2	71+800	72+000	2.08		21-07-19
PE-18A	CD	2	72+000	72+200	1.69		21-07-19
PE-18A	CD	2	72+200	72+400	2.26		21-07-19
PE-18A	CD	2	72+400	72+600	2.55		21-07-19
PE-18A	CD	2	72+600	72+800	2.45		21-07-19
PE-18A	CD	2	72+800	73+000	1.69		21-07-19
PE-18A	CD	2	73+000	73+200	4.15		21-07-19
PE-18A	CD	2	73+200	73+400	2.84		21-07-19
PE-18A	CD	2	73+400	73+600	3.57	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	73+600	73+800	2.40		21-07-19
PE-18A	CD	2	73+800	74+000	2.71		21-07-19
PE-18A	CD	2	74+000	74+200	3.87	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	74+200	74+400	1.94		21-07-19
PE-18A	CD	2	74+400	74+600	3.21		21-07-19
PE-18A	CD	2	74+600	74+800	2.70		21-07-19
PE-18A	CD	2	74+800	75+000	2.50		21-07-19
PE-18A	CD	2	75+000	75+200	2.64		21-07-19

PE-18A	CD	2	75+200	75+400	5.14	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	75+400	75+600	3.30		21-07-19
PE-18A	CD	2	75+600	75+800	1.94		21-07-19
PE-18A	CD	2	75+800	76+000	2.51		21-07-19
PE-18A	CD	2	76+000	76+200	2.76		21-07-19
PE-18A	CD	2	76+200	76+400	2.22		21-07-19
PE-18A	CD	2	76+400	76+600	1.96		21-07-19
PE-18A	CD	2	76+600	76+800	2.11		21-07-19
PE-18A	CD	2	76+800	77+000	2.36		21-07-19
PE-18A	CD	2	77+000	77+200	2.66		21-07-19
PE-18A	CD	2	77+200	77+400	2.21		21-07-19
PE-18A	CD	2	77+400	77+600	1.62		21-07-19
PE-18A	CD	2	77+600	77+800	1.97		21-07-19
PE-18A	CD	2	77+800	78+000	2.06		21-07-19
PE-18A	CD	2	78+000	78+200	2.23		21-07-19
PE-18A	CD	2	78+200	78+400	1.96		21-07-19
PE-18A	CD	2	78+400	78+600	2.33		21-07-19
PE-18A	CD	2	78+600	78+800	3.93	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	78+800	79+000	1.80		21-07-19
PE-18A	CD	2	79+000	79+200	1.53		21-07-19
PE-18A	CD	2	79+200	79+400	1.85		21-07-19
PE-18A	CD	2	79+400	79+600	4.24		21-07-19
PE-18A	CD	2	79+600	79+800	1.78		21-07-19
PE-18A	CD	2	79+800	80+000	1.91		21-07-19
PE-18A	CD	2	80+000	80+200	3.14	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	80+200	80+400	2.23		21-07-19
PE-18A	CD	2	80+400	80+600	1.88		21-07-19
PE-18A	CD	2	80+600	80+800	1.63		21-07-19
PE-18A	CD	2	80+800	81+000	2.24		21-07-19
PE-18A	CD	2	81+000	81+200	2.39		21-07-19
PE-18A	CD	2	81+200	81+400	3.66		21-07-19
PE-18A	CD	2	81+400	81+600	1.97		21-07-19
PE-18A	CD	2	81+600	81+800	1.93		21-07-19
PE-18A	CD	2	81+800	82+000	1.81		21-07-19
PE-18A	CD	2	82+000	82+200	1.86		21-07-19
PE-18A	CD	2	82+200	82+400	1.80		21-07-19
PE-18A	CD	2	82+400	82+600	2.92		21-07-19
PE-18A	CD	2	82+600	82+800	1.99		21-07-19
PE-18A	CD	2	82+800	83+000	2.04		21-07-19
PE-18A	CD	2	83+000	83+200	2.11		21-07-19
PE-18A	CD	2	83+200	83+400	1.85		21-07-19
PE-18A	CD	2	83+400	83+600	1.86		21-07-19
PE-18A	CD	2	83+600	83+800	1.97		21-07-19
PE-18A	CD	2	83+800	84+000	2.23		21-07-19
PE-18A	CD	2	84+000	84+200	1.76		21-07-19
PE-18A	CD	2	84+200	84+400	2.10		21-07-19
PE-18A	CD	2	84+400	84+600	2.94		21-07-19
PE-18A	CD	2	84+600	84+800	1.87		21-07-19

PE-18A	CD	2	84+800	85+000	1.83		21-07-19
PE-18A	CD	2	85+000	85+200	1.79		21-07-19
PE-18A	CD	2	85+200	85+400	1.77		21-07-19
PE-18A	CD	2	85+400	85+600	2.40		21-07-19
PE-18A	CD	2	85+600	85+800	1.72		21-07-19
PE-18A	CD	2	85+800	86+000	1.54		21-07-19
PE-18A	CD	2	86+000	86+200	1.64		21-07-19
PE-18A	CD	2	86+200	86+400	4.23	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	86+400	86+600	1.81		21-07-19
PE-18A	CD	2	86+600	86+800	4.32	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	86+800	87+000	4.31	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	87+000	87+200	1.82		21-07-19
PE-18A	CD	2	87+200	87+400	2.11		21-07-19
PE-18A	CD	2	87+400	87+600	7.40	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	87+600	87+800	4.88	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	87+800	88+000	1.86		21-07-19
PE-18A	CD	2	88+000	88+200	2.07		21-07-19
PE-18A	CD	2	88+200	88+400	3.47	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	88+400	88+600	3.57	PAV. RIGIDO	21-07-19
PE-18A	CD	2	88+600	88+800	1.44		21-07-19
PE-18A	CD	2	88+800	89+000	3.65		21-07-19
PE-18A	CD	2	89+000	89+200	2.45		21-07-19
PE-18A	CD	2	89+200	89+400	2.10		21-07-19
PE-18A	CD	2	89+400	89+600	2.73		21-07-19
PE-18A	CD	2	89+600	89+800	1.36		21-07-19
PE-18A	CD	2	89+800	90+000	1.25		21-07-19

Fuente: PROVIAS NACIONAL

En la tabla 6 se presenta los parámetros obtenidos en el tramo estudiado

Tabla 7: parámetros obtenidos de los datos obtenidos por el perfilómetro laser

PARAMETROS	PROMEDIO DE IRI (m/Km)
MAXIMO	7.40
MINIMO	1.24
PROMEDIO	2.35
DESVIACION STANDARD	1.03

Fuente: elaboración propia

En la figura 31 se observa el perfil de los IRI obtenidos de acuerdo a las Progresivas estudiadas.



Figura 31: valores IRI obtenidas según las progresivas obtenidas.

Fuente: elaboración propia

Según los datos que obtenidos por el perfilómetro laser la mayor parte de la vía estudiada está dentro del promedio del IRI además ello se confirma con la desviación estándar obtenida.

También se observa que de acuerdo con lo mencionado la mayor parte de la vía está en estado “regular”

5.2. Índice de Regularidad Internacional con aplicativos móviles

5.2.1. Índice de Regularidad Internacional con Abakal

El primer aplicativo utilizado en la presente investigación fue el Abakal, se inició el análisis desde la progresiva 30+000 hasta la progresiva 70+000, de la carretera PE-18A, tramo Huánuco – Tingo María, a velocidades desde 30 a 70 km/h. Se presentan los resultados obtenidos del IRI con el aplicativo Abakal:

- **Valores IRI de la muestra 1**

Tabla 8: Valores obtenidos con el TotalPave muestra 1

Latitud	Longitud	Velocidad	P. Inicial	P. Final	Valor IRI
-9.820455	-76.070705	65.55	0+000.00	0+100.00	3.73
-9.819695	-76.070013	50.98	0+100.00	0+200.00	1.67
-9.819338	-76.06913	66.06	0+200.00	0+300.00	6
-9.81896	-76.06821	65.49	0+300.00	0+400.00	6
-9.81821	-76.067555	65.28	0+400.00	0+500.00	6
-9.817863	-76.066648	67.59	0+500.00	0+600.00	6
-9.817723	-76.065637	65.55	0+600.00	0+700.00	6
-9.817073	-76.064828	52.58	0+700.00	0+800.00	3.16
-9.816307	-76.064187	49.76	0+800.00	0+900.00	4.19
-9.816145	-76.063162	68.36	0+900.00	1+000.00	4.59
-9.815905	-76.062155	64.17	1+000.00	1+100.00	6

-9.815388	-76.061445	58.97	1+100.00	1+200.00	5.17
-9.814432	-76.061303	71.68	1+200.00	1+300.00	2.2
-9.8134	-76.06126	67.26	1+300.00	1+400.00	3.38
-9.812437	-76.061642	73.83	1+400.00	1+500.00	1.73
-9.811583	-76.062038	75.62	1+500.00	1+600.00	3.51
-9.810777	-76.062452	69.2	1+600.00	1+700.00	1.88
-9.810235	-76.063357	70.51	1+700.00	1+800.00	2.8
-9.809785	-76.064232	68.18	1+800.00	1+900.00	1.84
-9.80887	-76.064782	71.88	1+900.00	2+000.00	2.39
-9.808008	-76.065125	73.86	2+000.00	2+100.00	0.54
-9.80704	-76.06562	66.85	2+100.00	2+200.00	6
-9.806587	-76.066467	63.23	2+200.00	2+300.00	4.35
-9.80639	-76.0675	48.48	2+300.00	2+400.00	1.86
-9.805985	-76.068298	43.47	2+400.00	2+500.00	6
-9.805118	-76.068457	29.51	2+500.00	2+600.00	6
-9.80422	-76.068232	55.91	2+600.00	2+700.00	5.43
-9.803243	-76.068418	55.5	2+700.00	2+800.00	1.42
-9.80235	-76.068667	47.97	2+800.00	2+900.00	4.13
-9.801413	-76.069067	46.69	2+900.00	3+000.00	3.88
-9.800515	-76.069527	60.89	3+000.00	3+100.00	3.98
-9.799858	-76.070208	63.85	3+100.00	3+200.00	5.72
-9.799515	-76.071127	64.28	3+200.00	3+300.00	2.12
-9.799215	-76.072078	63.33	3+300.00	3+400.00	4.64
-9.798635	-76.072965	53.81	3+400.00	3+500.00	3.16
-9.798097	-76.073715	15.17	3+500.00	3+600.00	6
-9.797538	-76.074492	56.92	3+600.00	3+700.00	4.83
-9.796958	-76.075302	51.43	3+700.00	3+800.00	4.78
-9.796112	-76.075562	40.93	3+800.00	3+900.00	6
-9.795357	-76.074992	51.14	3+900.00	4+000.00	2.44
-9.794488	-76.075125	57.05	4+000.00	4+100.00	2.99
-9.79369	-76.075585	62.57	4+100.00	4+200.00	4.77
-9.792907	-76.076057	58.71	4+200.00	4+300.00	2.61
-9.792238	-76.076843	60.2	4+300.00	4+400.00	2.64
-9.791967	-76.07773	58.88	4+400.00	4+500.00	3.12
-9.791743	-76.078712	54.99	4+500.00	4+600.00	0.34
-9.791397	-76.079598	49.88	4+600.00	4+700.00	3.47
-9.791457	-76.080538	29.58	4+700.00	4+800.00	4
-9.79123	-76.081413	43.62	4+800.00	4+900.00	1.13
-9.79041	-76.081795	28.29	4+900.00	5+000.00	4.47
-9.78951	-76.08217	48.44	5+000.00	5+100.00	5.64
-9.78863	-76.082347	39.14	5+100.00	5+200.00	3.82
-9.787795	-76.082857	47.28	5+200.00	5+300.00	3.88
-9.787172	-76.083493	43.81	5+300.00	5+400.00	1.92
-9.786558	-76.084122	25.03	5+400.00	5+500.00	6
-9.785725	-76.084483	44.61	5+500.00	5+600.00	2.87
-9.784933	-76.085127	55.34	5+600.00	5+700.00	1.61
-9.784107	-76.085643	54.09	5+700.00	5+800.00	2.74

-9.7834	-76.086303	54.32	5+800.00	5+900.00	0.88
-9.78267	-76.086842	45.52	5+900.00	6+000.00	2.9
-9.781762	-76.087163	31.1	6+000.00	6+100.00	6
-9.780925	-76.087448	41.08	6+100.00	6+200.00	6
-9.780105	-76.087903	33.46	6+200.00	6+300.00	6
-9.779558	-76.088663	50.78	6+300.00	6+400.00	5.65
-9.779055	-76.089518	24.97	6+400.00	6+500.00	6
-9.778533	-76.090377	60.57	6+500.00	6+600.00	5.61
-9.777778	-76.091088	56.77	6+600.00	6+700.00	6
-9.776872	-76.091558	61.39	6+700.00	6+800.00	6
-9.776048	-76.091935	58.35	6+800.00	6+900.00	6
-9.77511	-76.092343	37.88	6+900.00	7+000.00	0.2
-9.774228	-76.092715	21.78	7+000.00	7+100.00	0.58
-9.773465	-76.093218	31.97	7+100.00	7+200.00	1.93
-9.773388	-76.094193	35.97	7+200.00	7+300.00	0.39
-9.77345	-76.095172	34.61	7+300.00	7+400.00	0.99
-9.773723	-76.096058	24.5	7+400.00	7+500.00	0.99
-9.773307	-76.096868	22.29	7+500.00	7+600.00	1.45
-9.772813	-76.097713	45.28	7+600.00	7+700.00	0.96
-9.77208	-76.098382	49.48	7+700.00	7+800.00	4.24
-9.771507	-76.098017	42.39	7+800.00	7+900.00	6
-9.771995	-76.09716	63.9	7+900.00	8+000.00	6
-9.772048	-76.096213	63.7	8+000.00	8+100.00	6
-9.771595	-76.095362	66.49	8+100.00	8+200.00	3.41
-9.770947	-76.09464	61.97	8+200.00	8+300.00	3.11
-9.77037	-76.093793	54.35	8+300.00	8+400.00	2.08
-9.769577	-76.093478	51.08	8+400.00	8+500.00	1.79
-9.768812	-76.093008	41.73	8+500.00	8+600.00	1.78
-9.76794	-76.093305	40.57	8+600.00	8+700.00	2.1
-9.767102	-76.093025	27.78	8+700.00	8+800.00	6
-9.767113	-76.092072	54.34	8+800.00	8+900.00	6
-9.766765	-76.09114	61.92	8+900.00	9+000.00	6
-9.76604	-76.090462	66.99	9+000.00	9+100.00	4.35
-9.765265	-76.089843	64.74	9+100.00	9+200.00	2.66
-9.764305	-76.089575	68.45	9+200.00	9+300.00	3.2
-9.763288	-76.08936	70.25	9+300.00	9+400.00	4.86
-9.762258	-76.089205	68.26	9+400.00	9+500.00	3.47
-9.761265	-76.088848	68.48	9+500.00	9+600.00	5.25
-9.760275	-76.088728	63.93	9+600.00	9+700.00	3.07
-9.759338	-76.089007	65.54	9+700.00	9+800.00	5.74
-9.758492	-76.089355	54.75	9+800.00	9+900.00	6
-9.757492	-76.089533	55.45	9+900.00	10+000.00	5.31
-9.756583	-76.08944	60.62	10+000.00	10+100.00	5.29
-9.75568	-76.089417	59.82	10+100.00	10+200.00	6
-9.75481	-76.08975	63.08	10+200.00	10+300.00	6
-9.753973	-76.090197	64.52	10+300.00	10+400.00	5.15
-9.753092	-76.090577	62.28	10+400.00	10+500.00	6

-9.752042	-76.090707	58.13	10+500.00	10+600.00	6
-9.751063	-76.090593	52.8	10+600.00	10+700.00	2.82
-9.750205	-76.09082	23.04	10+700.00	10+800.00	6
-9.749328	-76.09122	57.33	10+800.00	10+900.00	2.79
-9.748682	-76.091918	30.07	10+900.00	11+000.00	6
-9.747975	-76.092605	42.7	11+000.00	11+100.00	6
-9.747093	-76.093027	61.92	11+100.00	11+200.00	6
-9.746373	-76.093597	58.35	11+200.00	11+300.00	4.01
-9.745967	-76.094512	56.85	11+300.00	11+400.00	2.53
-9.745182	-76.094883	55.39	11+400.00	11+500.00	1.92
-9.744242	-76.09484	57.34	11+500.00	11+600.00	2.47
-9.743328	-76.095292	53.33	11+600.00	11+700.00	3.3
-9.74243	-76.095422	52.85	11+700.00	11+800.00	2.36
-9.741663	-76.096023	55.41	11+800.00	11+900.00	2.76
-9.740892	-76.09659	50.76	11+900.00	12+000.00	6
-9.739998	-76.096547	37.64	12+000.00	12+100.00	6
-9.740467	-76.095805	53.66	12+100.00	12+200.00	2.83
-9.740887	-76.095002	43.86	12+200.00	12+300.00	6
-9.741587	-76.094387	22.09	12+300.00	12+400.00	6
-9.742255	-76.093773	50.66	12+400.00	12+500.00	5.1
-9.742353	-76.092897	42.44	12+500.00	12+600.00	4.7
-9.741458	-76.09312	56.71	12+600.00	12+700.00	1.9
-9.740577	-76.09362	41.18	12+700.00	12+800.00	6
-9.73975	-76.094127	51.61	12+800.00	12+900.00	1.75
-9.738802	-76.094422	47.75	12+900.00	13+000.00	3.55
-9.737942	-76.094193	47.81	13+000.00	13+100.00	0.18
-9.737235	-76.093567	50.22	13+100.00	13+200.00	6
-9.736337	-76.093285	20.49	13+200.00	13+300.00	3.03
-9.735358	-76.093163	52.15	13+300.00	13+400.00	2.65
-9.734412	-76.092938	37.26	13+400.00	13+500.00	6
-9.73346	-76.092718	42.12	13+500.00	13+600.00	1.3
-9.73273	-76.092193	21.89	13+600.00	13+700.00	0.2
-9.731773	-76.092147	17.72	13+700.00	13+800.00	2.05
-9.73099	-76.091628	38.11	13+800.00	13+900.00	5.65
-9.730385	-76.09088	30.49	13+900.00	14+000.00	0.61
-9.72957	-76.090607	18.01	14+000.00	14+100.00	1.17
-9.730083	-76.091167	15.75	14+100.00	14+200.00	0.4
-9.730705	-76.091887	51.6	14+200.00	14+300.00	5.01
-9.731362	-76.092582	54.1	14+300.00	14+400.00	5.54
-9.732167	-76.093013	45.32	14+400.00	14+500.00	2.35
-9.732938	-76.093605	45.51	14+500.00	14+600.00	5.77
-9.733768	-76.093958	39.32	14+600.00	14+700.00	6
-9.7345	-76.094413	26.66	14+700.00	14+800.00	6
-9.734132	-76.095193	50.78	14+800.00	14+900.00	5.25
-9.733623	-76.096002	47.32	14+900.00	15+000.00	1.26
-9.732932	-76.096577	51.91	15+000.00	15+100.00	4.89
-9.732227	-76.097157	29.42	15+100.00	15+200.00	6

-9.731445	-76.097662	21.85	15+200.00	15+300.00	2.83
-9.730917	-76.098285	49.17	15+300.00	15+400.00	1.44
-9.729915	-76.09809	60.83	15+400.00	15+500.00	1
-9.728943	-76.098165	54.01	15+500.00	15+600.00	1.99
-9.72821	-76.097708	53.1	15+600.00	15+700.00	0.47
-9.727398	-76.097187	58.05	15+700.00	15+800.00	2.07
-9.726745	-76.096457	55.27	15+800.00	15+900.00	1.01
-9.72615	-76.095775	50.67	15+900.00	16+000.00	4.32
-9.725222	-76.095812	53.98	16+000.00	16+100.00	1.57
-9.72435	-76.095443	51.33	16+100.00	16+200.00	6
-9.723685	-76.09467	38.45	16+200.00	16+300.00	6
-9.72347	-76.095263	48.87	16+300.00	16+400.00	3.01
-9.723883	-76.096197	50.3	16+400.00	16+500.00	6
-9.723597	-76.097195	45.11	16+500.00	16+600.00	6
-9.719477	-76.098797	19.77	16+600.00	16+700.00	6
-9.718567	-76.098492	47.47	16+700.00	16+800.00	4.73
-9.717582	-76.098297	56.17	16+800.00	16+900.00	4.72
-9.716717	-76.097937	51.21	16+900.00	17+000.00	5.46
-9.716463	-76.097028	54.23	17+000.00	17+100.00	1.67
-9.716773	-76.096133	56.38	17+100.00	17+200.00	4.23
-9.716732	-76.095247	51.28	17+200.00	17+300.00	6
-9.716005	-76.094653	55.12	17+300.00	17+400.00	2.92
-9.715187	-76.094282	46.83	17+400.00	17+500.00	5.16
-9.715	-76.093508	45.01	17+500.00	17+600.00	5.34
-9.714365	-76.092967	51.37	17+600.00	17+700.00	4.2
-9.713612	-76.092425	41.71	17+700.00	17+800.00	6
-9.712717	-76.092377	42.22	17+800.00	17+900.00	6
-9.712697	-76.093348	52.38	17+900.00	18+000.00	3.29
-9.712452	-76.094215	48.58	18+000.00	18+100.00	6
-9.711728	-76.094467	47.87	18+100.00	18+200.00	0.9
-9.711048	-76.093813	52.86	18+200.00	18+300.00	6
-9.71046	-76.092972	46.01	18+300.00	18+400.00	6
-9.71002	-76.092218	39.31	18+400.00	18+500.00	6
-9.709032	-76.092358	52.76	18+500.00	18+600.00	6
-9.708163	-76.092653	53.85	18+600.00	18+700.00	6
-9.707395	-76.093353	48.94	18+700.00	18+800.00	6
-9.706467	-76.093197	47.77	18+800.00	18+900.00	3.4
-9.705697	-76.093765	48.88	18+900.00	19+000.00	3.3
-9.705037	-76.094113	42.6	19+000.00	19+100.00	5.99
-9.704332	-76.093577	16.19	19+100.00	19+200.00	3.73
-9.703448	-76.093362	41.92	19+200.00	19+300.00	0.27
-9.703605	-76.092458	58.31	19+300.00	19+400.00	3.06
-9.703855	-76.09144	61.14	19+400.00	19+500.00	4.59
-9.704212	-76.090598	58.26	19+500.00	19+600.00	1.65
-9.704492	-76.089663	52.09	19+600.00	19+700.00	6
-9.704615	-76.088762	39.28	19+700.00	19+800.00	6
-9.704177	-76.088267	28.81	19+800.00	19+900.00	3.84

-9.703387	-76.087798	53.68	19+900.00	20+000.00	3.43
-9.702923	-76.087022	48.09	20+000.00	20+100.00	2.25
-9.70228	-76.086312	49.16	20+100.00	20+200.00	4.36
-9.701515	-76.085912	49.41	20+200.00	20+300.00	1.54
-9.700613	-76.085782	55.16	20+300.00	20+400.00	4.55
-9.699632	-76.086108	62.88	20+400.00	20+500.00	5.91
-9.698613	-76.086042	58.71	20+500.00	20+600.00	3.49
-9.69763	-76.08608	59.3	20+600.00	20+700.00	5.47
-9.696645	-76.086402	57.42	20+700.00	20+800.00	2.67
-9.695797	-76.086838	51.01	20+800.00	20+900.00	5.02
-9.695222	-76.086343	52.06	20+900.00	21+000.00	1.6
-9.69484	-76.085548	49.47	21+000.00	21+100.00	2.05
-9.69479	-76.084665	50.93	21+100.00	21+200.00	2.83
-9.695397	-76.08383	30.72	21+200.00	21+300.00	0.27
-9.694823	-76.083462	23.05	21+300.00	21+400.00	0.2
-9.694247	-76.084153	26.35	21+400.00	21+500.00	1.01
-9.69354	-76.084782	53.07	21+500.00	21+600.00	2.02
-9.692672	-76.08501	51.94	21+600.00	21+700.00	2.88
-9.692365	-76.085958	43.34	21+700.00	21+800.00	3.69
-9.691588	-76.085662	50.59	21+800.00	21+900.00	0.85
-9.691295	-76.08469	48.48	21+900.00	22+000.00	3.09
-9.690888	-76.08388	30.09	22+000.00	22+100.00	0.2
-9.690343	-76.083128	26.89	22+100.00	22+200.00	2.4
-9.689528	-76.082693	44.76	22+200.00	22+300.00	3.45
-9.688613	-76.082738	44.16	22+300.00	22+400.00	3.18
-9.6882	-76.082077	52.14	22+400.00	22+500.00	0.48
-9.688245	-76.08115	55.26	22+500.00	22+600.00	1.45
-9.688487	-76.08028	54.99	22+600.00	22+700.00	2.55
-9.689043	-76.079397	41.48	22+700.00	22+800.00	6
-9.688467	-76.078733	52.08	22+800.00	22+900.00	2.11
-9.68754	-76.078785	54.54	22+900.00	23+000.00	2.3
-9.68657	-76.078922	48.55	23+000.00	23+100.00	2.17
-9.686088	-76.078132	56.02	23+100.00	23+200.00	4.41
-9.68564	-76.077213	41.6	23+200.00	23+300.00	6
-9.685055	-76.076688	42.26	23+300.00	23+400.00	2.98
-9.684625	-76.077548	59.64	23+400.00	23+500.00	0.74
-9.683825	-76.078027	49.33	23+500.00	23+600.00	0.97
-9.68332	-76.078868	54.04	23+600.00	23+700.00	1.62
-9.682605	-76.07947	49.89	23+700.00	23+800.00	5.86
-9.682453	-76.08037	43.13	23+800.00	23+900.00	6
-9.68153	-76.080623	60.87	23+900.00	24+000.00	5.37
-9.680553	-76.080898	54.32	24+000.00	24+100.00	2.09
-9.679815	-76.080457	53.26	24+100.00	24+200.00	2.14
-9.679605	-76.079507	46.09	24+200.00	24+300.00	2.01
-9.678755	-76.079282	56.64	24+300.00	24+400.00	1.8
-9.677942	-76.079882	55.19	24+400.00	24+500.00	2.46
-9.67707	-76.080335	37.37	24+500.00	24+600.00	0.47

-9.676863	-76.079462	36.89	24+600.00	24+700.00	0.43
-9.676768	-76.078565	35.41	24+700.00	24+800.00	0.9
-9.676892	-76.077583	37.42	24+800.00	24+900.00	0.95
-9.677002	-76.076673	39.87	24+900.00	25+000.00	0.59
-9.676908	-76.075715	37.28	25+000.00	25+100.00	0.73
-9.677332	-76.074858	37.19	25+100.00	25+200.00	1.69
-9.677888	-76.074088	29.92	25+200.00	25+300.00	6
-9.677547	-76.073317	29.42	25+300.00	25+400.00	6
-9.67684	-76.072792	29.51	25+400.00	25+500.00	6
-9.676043	-76.073053	23.69	25+500.00	25+600.00	5.79
-9.675273	-76.072792	27.19	25+600.00	25+700.00	6
-9.674813	-76.073618	47.2	25+700.00	25+800.00	2.3
-9.673953	-76.074077	52.86	25+800.00	25+900.00	2.35
-9.673057	-76.074465	40.94	25+900.00	26+000.00	6
-9.672197	-76.074693	20.18	26+000.00	26+100.00	6
-9.671422	-76.075262	51.57	26+100.00	26+200.00	6
-9.670423	-76.075277	49.48	26+200.00	26+300.00	6
-9.66959	-76.075623	50.48	26+300.00	26+400.00	6
-9.66868	-76.075845	39.88	26+400.00	26+500.00	6
-9.667905	-76.076327	46.29	26+500.00	26+600.00	3.9
-9.6675	-76.077145	54.41	26+600.00	26+700.00	2.2
-9.666653	-76.077615	54.35	26+700.00	26+800.00	3.29
-9.665798	-76.078148	44.46	26+800.00	26+900.00	4.73
-9.665048	-76.077797	41.7	26+900.00	27+000.00	2.92
-9.664475	-76.077218	49.44	27+000.00	27+100.00	2.4
-9.663958	-76.07646	46.71	27+100.00	27+200.00	2.42
-9.664453	-76.075682	56.14	27+200.00	27+300.00	6
-9.66479	-76.074753	56.72	27+300.00	27+400.00	3.33
-9.665228	-76.073882	54.32	27+400.00	27+500.00	5.56
-9.665345	-76.072868	43.97	27+500.00	27+600.00	3.58
-9.665515	-76.071997	23.65	27+600.00	27+700.00	2.69
-9.665323	-76.071152	59.57	27+700.00	27+800.00	6
-9.664878	-76.070232	56.34	27+800.00	27+900.00	3.43
-9.664875	-76.069305	50.12	27+900.00	28+000.00	2.69
-9.664967	-76.068378	54.11	28+000.00	28+100.00	2.91
-9.664712	-76.067435	41.78	28+100.00	28+200.00	3.41
-9.66511	-76.066685	17.43	28+200.00	28+300.00	2.68
-9.66553	-76.065907	47.28	28+300.00	28+400.00	6
-9.666287	-76.065508	43.97	28+400.00	28+500.00	6
-9.666212	-76.064625	20.92	28+500.00	28+600.00	0.11
-9.665807	-76.06381	21.85	28+600.00	28+700.00	4.08
-9.665718	-76.063013	22.85	28+700.00	28+800.00	4.35
-9.665548	-76.062133	40.51	28+800.00	28+900.00	4.33
-9.664757	-76.061658	46.5	28+900.00	29+000.00	6
-9.664385	-76.06078	31.31	29+000.00	29+100.00	6
-9.66383	-76.060163	24.9	29+100.00	29+200.00	6
-9.663033	-76.059688	20.6	29+200.00	29+300.00	6

-9.662397	-76.058978	21.61	29+300.00	29+400.00	6
-9.66171	-76.058332	24.01	29+400.00	29+500.00	6
-9.660838	-76.058278	31.48	29+500.00	29+600.00	0.86
-9.660155	-76.057643	37.22	29+600.00	29+700.00	5.95
-9.66018	-76.056717	40.56	29+700.00	29+800.00	6
-9.659497	-76.056023	36.95	29+800.00	29+900.00	6
-9.658637	-76.055938	34.46	29+900.00	30+000.00	6
-9.65779	-76.055942	50.79	30+000.00	30+100.00	5.27
-9.656983	-76.056575	48.66	30+100.00	30+200.00	5.14
-9.656108	-76.057012	40.25	30+200.00	30+300.00	6
-9.655917	-76.056212	43.79	30+300.00	30+400.00	4.65
-9.656288	-76.055322	45.34	30+400.00	30+500.00	5.78
-9.655942	-76.054473	44.6	30+500.00	30+600.00	2.64
-9.655277	-76.053795	44.5	30+600.00	30+700.00	6
-9.654348	-76.053708	35.58	30+700.00	30+800.00	6
-9.653478	-76.053497	5.52	30+800.00	30+900.00	6
-9.653988	-76.054015	41.84	30+900.00	31+000.00	4.56
-9.654908	-76.054377	39.54	31+000.00	31+100.00	2.92
-9.655082	-76.05526	40.24	31+100.00	31+200.00	4.69
-9.655108	-76.056208	46.71	31+200.00	31+300.00	4.32
-9.654863	-76.057188	45.31	31+300.00	31+400.00	6
-9.655398	-76.057727	45.37	31+400.00	31+500.00	3.3
-9.656057	-76.058337	52.14	31+500.00	31+600.00	4.43
-9.65706	-76.058247	47.33	31+600.00	31+700.00	5.87
-9.657877	-76.058305	47.31	31+700.00	31+800.00	6
-9.658688	-76.058407	42.32	31+800.00	31+900.00	6
-9.658872	-76.059377	36.32	31+900.00	32+000.00	6
-9.659018	-76.0602	25.92	32+000.00	32+100.00	6
-9.65952	-76.060982	39.9	32+100.00	32+200.00	6
-9.660422	-76.06097	27.65	32+200.00	32+300.00	6
-9.660758	-76.061823	30.35	32+300.00	32+400.00	1.27
-9.660138	-76.062493	37.32	32+400.00	32+500.00	3.31
-9.660298	-76.063373	34.46	32+500.00	32+600.00	2.86
-9.65982	-76.0637	32.66	32+600.00	32+700.00	0.17
-9.659165	-76.063053	34.28	32+700.00	32+800.00	0.58
-9.658285	-76.063163	36.38	32+800.00	32+900.00	3.01
-9.657572	-76.063803	39.01	32+900.00	33+000.00	1.61
-9.657457	-76.06475	38.76	33+000.00	33+100.00	1.32
-9.656922	-76.065482	37.49	33+100.00	33+200.00	3.31
-9.656157	-76.066012	36.93	33+200.00	33+300.00	0.38
-9.65612	-76.066918	38.12	33+300.00	33+400.00	3.51
-9.656768	-76.067565	36.67	33+400.00	33+500.00	3.69
-9.656942	-76.068553	45.33	33+500.00	33+600.00	6
-9.656885	-76.069457	26.64	33+600.00	33+700.00	6
-9.656435	-76.068955	21.05	33+700.00	33+800.00	6
-9.656183	-76.068117	43.11	33+800.00	33+900.00	5.41
-9.655418	-76.067588	45.62	33+900.00	34+000.00	4.18

-9.654717	-76.066878	54.9	34+000.00	34+100.00	4.46
-9.65491	-76.06592	60.23	34+100.00	34+200.00	6
-9.655402	-76.065005	57.46	34+200.00	34+300.00	3.54
-9.655312	-76.064063	49.53	34+300.00	34+400.00	2.17
-9.655698	-76.063372	55.53	34+400.00	34+500.00	5.63
-9.65656	-76.062885	55.82	34+500.00	34+600.00	5.43
-9.656935	-76.06207	47.67	34+600.00	34+700.00	4.82
-9.656143	-76.061982	51.39	34+700.00	34+800.00	4.32
-9.65531	-76.061735	54.72	34+800.00	34+900.00	1.82
-9.654613	-76.061133	49.18	34+900.00	35+000.00	6
-9.653917	-76.060482	46.01	35+000.00	35+100.00	3.2
-9.653008	-76.060158	51.6	35+100.00	35+200.00	2.58
-9.652097	-76.060302	45.67	35+200.00	35+300.00	6
-9.651498	-76.059728	54.07	35+300.00	35+400.00	6
-9.650823	-76.059185	52.04	35+400.00	35+500.00	5.46
-9.64997	-76.058642	41.56	35+500.00	35+600.00	6
-9.649242	-76.059078	53.95	35+600.00	35+700.00	4.3
-9.648708	-76.059865	52.14	35+700.00	35+800.00	2.92
-9.647747	-76.059805	49.71	35+800.00	35+900.00	2.82
-9.647082	-76.059142	40.9	35+900.00	36+000.00	6
-9.646408	-76.058488	16.28	36+000.00	36+100.00	6
-9.646497	-76.059398	52.26	36+100.00	36+200.00	3.92
-9.646737	-76.060328	53.46	36+200.00	36+300.00	2.21
-9.646808	-76.061227	50.65	36+300.00	36+400.00	5.03
-9.646227	-76.061945	41.9	36+400.00	36+500.00	6

Fuente: elaboración propia

Tabla 9: parámetros obtenidos de los datos recolectados por el Total Pave

PARAMETROS	RESULTADOS IRI m/hm
Máximo	6.000
Mínimo	0.110
Promedio	3.912
Desv. Estandar	1.901

Fuente: elaboración propia

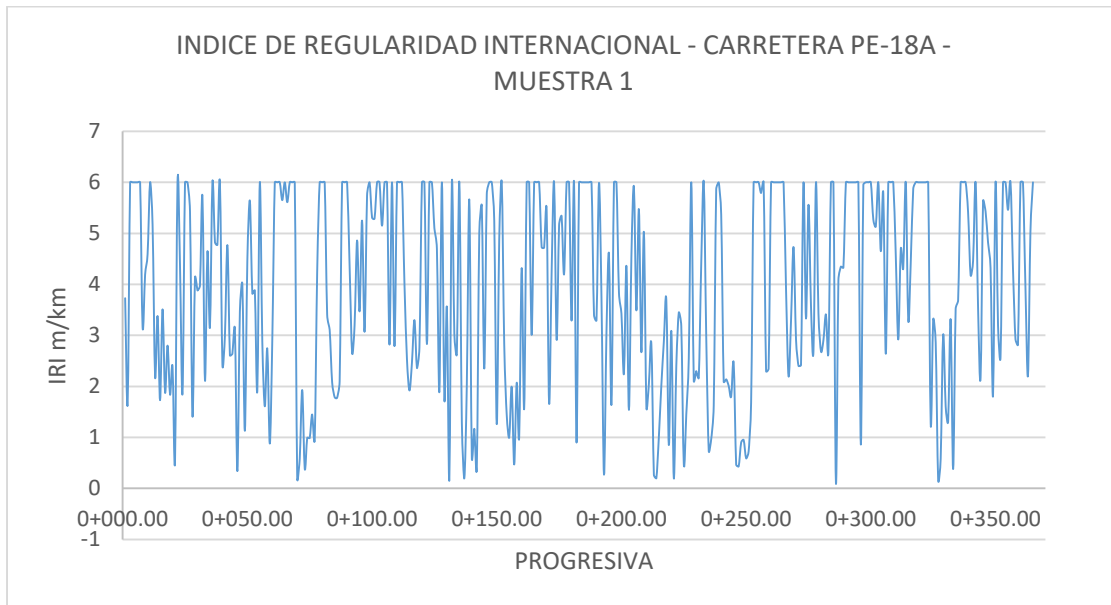


Figura 32: valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.

Fuente: elaboración propia

● **Valores IRI de la muestra 2**

Tabla 10: Valores obtenidos con el Total Pave muestra 2

Latitud	Longitud	Velocidad	P. Inicial	P. Final	Valor IRI
-9.82035	-	36.55	0+000.00	0+100.00	3.38
-9.81965	-76.06986	49.16	0+100.00	0+200.00	2.27
-9.819323	-	54.89	0+200.00	0+300.00	6
-9.818895	-	58.94	0+300.00	0+400.00	6
-9.818125	-	59.15	0+400.00	0+500.00	6
-9.81785	-	59.56	0+500.00	0+600.00	6
-9.817625	-	57.96	0+600.00	0+700.00	6
-9.81694	-	52.44	0+700.00	0+800.00	6
-9.816247	-	36.44	0+800.00	0+900.00	2.96
-9.816133	-	51.1	0+900.00	1+000.00	4.97
-9.815905	-	53.63	1+000.00	1+100.00	6

-9.81542	-76.06139	52.68	1+100.00	1+200.00	6
-9.814462	-76.06128	56.69	1+200.00	1+300.00	5.98
-9.81352	-76.06123	51.38	1+300.00	1+400.00	4.39
-9.812597	-	58.67	1+400.00	1+500.00	4.58
-9.811778	76.061888	62.77	1+500.00	1+600.00	4.9
-9.810887	-	61.35	1+600.00	1+700.00	3.32
-9.810323	76.062968	55.56	1+700.00	1+800.00	0.86
-9.809997	-76.06383	64.45	1+800.00	1+900.00	5.51
-9.80931	-	67.78	1+900.00	2+000.00	6
-9.808363	76.064935	68.2	2+000.00	2+100.00	2.51
-9.807453	-	57.4	2+100.00	2+200.00	2.94
-9.806727	76.065903	44.74	2+200.00	2+300.00	6
-9.806467	-	54.66	2+300.00	2+400.00	3.76
-9.806248	76.067787	44.16	2+400.00	2+500.00	2.26
-9.80556	-	40.1	2+500.00	2+600.00	5.62
-9.804622	76.068235	41.23	2+600.00	2+700.00	6
-9.80366	-	56.38	2+700.00	2+800.00	5.37
-9.802658	-76.06853	60.6	2+800.00	2+900.00	6
-9.801755	-	43.61	2+900.00	3+000.00	6
-9.800898	76.069258	41.58	3+000.00	3+100.00	5.83
-9.800088	-	52.79	3+100.00	3+200.00	6
-9.799568	76.070678	62.11	3+200.00	3+300.00	6
-9.799308	-	65.84	3+300.00	3+400.00	6
-9.798887	76.072495	61.89	3+400.00	3+500.00	6
-9.798313	-	38.38	3+500.00	3+600.00	6
-9.797758	-76.07408	32.87	3+600.00	3+700.00	3.21
-9.797247	-	46.77	3+700.00	3+800.00	4.26
-9.796657	76.075513	42.88	3+800.00	3+900.00	6

-9.795818	-	76.075298	43.27	3+900.00	4+000.00	6
-9.795058	-	76.074905	57.42	4+000.00	4+100.00	6
-9.794222	-	76.075222	59.3	4+100.00	4+200.00	6
-9.793365	-	76.075745	58.88	4+200.00	4+300.00	5.03
-9.792522	-	76.07633	58.87	4+300.00	4+400.00	6
-9.792037	-	76.077213	58.59	4+400.00	4+500.00	6
-9.79183	-	76.078118	62.37	4+500.00	4+600.00	4.75
-9.791535	-	76.079025	63.24	4+600.00	4+700.00	4.7
-9.79132	-	76.079917	58.95	4+700.00	4+800.00	3.83
-9.791403	-	76.080848	36.24	4+800.00	4+900.00	4.56
-9.790945	-	76.081555	51.3	4+900.00	5+000.00	5.39
-9.79004	-	76.08195	36.08	5+000.00	5+100.00	5.78
-9.789143	-	76.08219	40.39	5+100.00	5+200.00	2.51
-9.788273	-	76.082515	37.24	5+200.00	5+300.00	5.91
-9.78747	-	76.083028	44.56	5+300.00	5+400.00	6
-9.786972	-	76.083872	48.01	5+400.00	5+500.00	5.6
-9.786123	-	76.084187	15.49	5+500.00	5+600.00	6
-9.785433	-	76.084722	41.94	5+600.00	5+700.00	6
-9.784607	-	76.085248	53.49	5+700.00	5+800.00	3.95
-9.783817	-	76.085853	59.52	5+800.00	5+900.00	5.19
-9.783128	-	76.086508	63.32	5+900.00	6+000.00	4.56
-9.78228	-	76.086955	35.66	6+000.00	6+100.00	5.58
-9.781392	-	76.087238	20.03	6+100.00	6+200.00	3.92
-9.780528	-	76.08757	21.72	6+200.00	6+300.00	6
-9.779812	-	76.08814	15.57	6+300.00	6+400.00	6
-9.779368	-	76.088928	40.96	6+400.00	6+500.00	1.35
-9.778878	-	76.089738	19.87	6+500.00	6+600.00	3.3
-9.778312	-	76.090563	46.33	6+600.00	6+700.00	4.99

-9.777622	- 76.091148	56.12	6+700.00	6+800.00	4.26
-9.776812	- 76.091552	63.28	6+800.00	6+900.00	6
-9.775942	- 76.091977	64.6	6+900.00	7+000.00	4.52
-9.775018	-76.09237	68.66	7+000.00	7+100.00	5
-9.77407	- 76.092735	64.84	7+100.00	7+200.00	2.89
-9.773358	-76.09332	63.69	7+200.00	7+300.00	6
-9.77333	- 76.094312	66.8	7+300.00	7+400.00	2.94
-9.773413	-76.09523	61.13	7+400.00	7+500.00	3.34
-9.773645	- 76.096195	52.6	7+500.00	7+600.00	5.41
-9.77313	-76.0971	44.93	7+600.00	7+700.00	5.77
-9.772628	- 76.097955	42.78	7+700.00	7+800.00	4.91
-9.771765	- 76.098397	41.01	7+800.00	7+900.00	1.67
-9.771793	- 76.097615	45.87	7+900.00	8+000.00	1.62
-9.772078	- 76.096645	52.91	8+000.00	8+100.00	4.38
-9.771832	- 76.095682	61.33	8+100.00	8+200.00	6
-9.771183	- 76.094943	66.21	8+200.00	8+300.00	6
-9.770555	-76.09415	66.08	8+300.00	8+400.00	5.26
-9.77002	- 76.093463	59.02	8+400.00	8+500.00	6
-9.769123	- 76.093148	54.54	8+500.00	8+600.00	6
-9.768283	- 76.093145	27.47	8+600.00	8+700.00	2.11
-9.767343	- 76.093225	34.11	8+700.00	8+800.00	2.73
-9.767065	- 76.092368	36.4	8+800.00	8+900.00	6
-9.766997	- 76.091402	39.93	8+900.00	9+000.00	2.33
-9.766317	-76.09071	53.29	9+000.00	9+100.00	1.55
-9.76557	- 76.090043	58.87	9+100.00	9+200.00	3.34
-9.764752	- 76.089652	61.96	9+200.00	9+300.00	3.39
-9.763838	- 76.089473	57.33	9+300.00	9+400.00	5.51
-9.76287	- 76.089292	45.24	9+400.00	9+500.00	1.21

-9.761868	-	76.089053	56.81	9+500.00	9+600.00	1.83
-9.760913	-	76.088707	57.89	9+600.00	9+700.00	1.34
-9.759883	-	76.088765	60.81	9+700.00	9+800.00	3.92
-9.759018	-	76.08912	62.82	9+800.00	9+900.00	3.51
-9.758142	-	76.08943	59.59	9+900.00	10+000.00	6
-9.75718	-	76.089468	53.41	10+000.00	10+100.00	3.66
-9.756193	-	76.089372	59.22	10+100.00	10+200.00	1.18
-9.755282	-	76.0895	64.6	10+200.00	10+300.00	2.64
-9.75443	-	76.089938	61.74	10+300.00	10+400.00	4.64
-9.75353	-	76.090405	55.51	10+400.00	10+500.00	4.62
-9.752555	-	76.090635	59.2	10+500.00	10+600.00	3
-9.751583	-	76.090618	51.99	10+600.00	10+700.00	3.6
-9.750672	-	76.090623	50.98	10+700.00	10+800.00	3.62
-9.749792	-	76.09093	33.07	10+800.00	10+900.00	2.8
-9.748993	-	76.091447	42.42	10+900.00	11+000.00	0.41
-9.74838	-	76.092205	33.34	11+000.00	11+100.00	2.92
-9.747585	-	76.09269	38.16	11+100.00	11+200.00	2.82
-9.746823	-	76.09319	41.73	11+200.00	11+300.00	1.21
-9.746098	-	76.093825	44.99	11+300.00	11+400.00	2.63
-9.745738	-	76.094733	50.52	11+400.00	11+500.00	1.13
-9.744842	-	76.094752	55.27	11+500.00	11+600.00	1.35
-9.743983	-	76.094967	52.94	11+600.00	11+700.00	2.47
-9.743122	-	76.09529	51.98	11+700.00	11+800.00	3.06
-9.742208	-	76.095488	33.46	11+800.00	11+900.00	2.01
-9.74147	-	76.096118	30.56	11+900.00	12+000.00	0.13
-9.740668	-	76.09659	28.29	12+000.00	12+100.00	0.91
-9.739987	-	76.096262	28.16	12+100.00	12+200.00	6
-9.740572	-	76.095572	37.12	12+200.00	12+300.00	2.23
-9.741082	-	76.094788	19.93	12+300.00	12+400.00	0.75

-9.741837	-	76.094292	16.45	12+400.00	12+500.00	6
-9.74239	-	76.093548	32.67	12+500.00	12+600.00	1.2
-9.742235	-	76.09277	40.43	12+600.00	12+700.00	0.9
-9.741418	-	76.093088	48.74	12+700.00	12+800.00	1.35
-9.74059	-	76.093587	31.38	12+800.00	12+900.00	1.19
-9.73977	-	76.094058	35.21	12+900.00	13+000.00	1.06
-9.73891	-	76.094398	42.07	13+000.00	13+100.00	0.43
-9.737978	-	76.094218	52.18	13+100.00	13+200.00	1.71
-9.737258	-	76.093593	51.41	13+200.00	13+300.00	1.43
-9.736438	-	76.093267	12.71	13+300.00	13+400.00	3.96
-9.735505	-	76.093175	41.82	13+400.00	13+500.00	3.73
-9.734535	-	76.092993	42.51	13+500.00	13+600.00	2.81
-9.733633	-	76.092693	29.29	13+600.00	13+700.00	6
-9.732862	-	76.092287	48.54	13+700.00	13+800.00	5.43
-9.732047	-	76.092083	54.12	13+800.00	13+900.00	0.81
-9.731135	-	76.09175	60.77	13+900.00	14+000.00	5.99
-9.730448	-	76.090968	57.4	14+000.00	14+100.00	6
-9.729685	-	76.09049	43.85	14+100.00	14+200.00	3.73
-9.729785	-	76.091102	45.13	14+200.00	14+300.00	6
-9.7305	-	76.09166	54.98	14+300.00	14+400.00	1.97
-9.731142	-	76.092438	59.1	14+400.00	14+500.00	3.13
-9.731965	-	76.092943	56.48	14+500.00	14+600.00	3.13
-9.732693	-	76.093527	62.93	14+600.00	14+700.00	3.89
-9.73358	-	76.093917	22.87	14+700.00	14+800.00	6
-9.734405	-	76.094377	27.15	14+800.00	14+900.00	4.83
-9.734097	-	76.09519	48.52	14+900.00	15+000.00	3.42
-9.733582	-	76.095965	55.09	15+000.00	15+100.00	1.31
-9.732823	-	76.096575	53.78	15+100.00	15+200.00	1.61

-9.732062	-76.09714	38.75	15+200.00	15+300.00	0.6
-9.731348	-76.0977	30.71	15+300.00	15+400.00	6
-9.73082	-	38.86	15+400.00	15+500.00	1.1
-9.729812	-	49.52	15+500.00	15+600.00	2.38
-9.728875	-	17.59	15+600.00	15+700.00	0.57
-9.728178	-	43.1	15+700.00	15+800.00	0.25
-9.727408	-	49.91	15+800.00	15+900.00	2.49
-9.726753	-	57.66	15+900.00	16+000.00	0.57
-9.726168	-	34.34	16+000.00	16+100.00	1.6
-9.725247	-	28.61	16+100.00	16+200.00	0.2
-9.724412	-	37.58	16+200.00	16+300.00	0.32
-9.723785	-	44.47	16+300.00	16+400.00	2.62
-9.723267	-	44.92	16+400.00	16+500.00	6
-9.723735	-	55.03	16+500.00	16+600.00	0.64
-9.723708	-	46.62	16+600.00	16+700.00	1.63
-9.719588	-	19.03	16+700.00	16+800.00	3.74
-9.718742	-	43.05	16+800.00	16+900.00	4.86
-9.71783	-	58.3	16+900.00	17+000.00	2.88
-9.716877	-	39.48	17+000.00	17+100.00	6
-9.716492	-76.09716	53.15	17+100.00	17+200.00	0.64
-9.716743	-	54.31	17+200.00	17+300.00	1.13
-9.716875	-	48.09	17+300.00	17+400.00	1.7
-9.716097	-76.09471	50.73	17+400.00	17+500.00	6
-9.715317	-	48.87	17+500.00	17+600.00	2.35
-9.714952	-	41.94	17+600.00	17+700.00	0.68
-9.714363	-	55.46	17+700.00	17+800.00	1.72
-9.71362	-	46.86	17+800.00	17+900.00	4.04

-9.712693	- 76.092288	43.95	17+900.00	18+000.00	6
-9.712605	- 76.093293	56.95	18+000.00	18+100.00	6
-9.712347	- 76.094253	56.26	18+100.00	18+200.00	1.55
-9.711478	-76.09426	61.13	18+200.00	18+300.00	2.03
-9.710883	- 76.093535	63.44	18+300.00	18+400.00	4.32
-9.71033	- 76.092777	56.71	18+400.00	18+500.00	6
-9.709728	- 76.092143	49.55	18+500.00	18+600.00	6
-9.708767	- 76.092332	53.04	18+600.00	18+700.00	6
-9.707948	- 76.092757	57.03	18+700.00	18+800.00	6
-9.707173	- 76.093333	50.62	18+800.00	18+900.00	6
-9.706255	- 76.093168	54.54	18+900.00	19+000.00	1.29
-9.705568	- 76.093828	52.71	19+000.00	19+100.00	2.68
-9.704847	-76.09396	48.72	19+100.00	19+200.00	2.16
-9.70406	- 76.093528	36.73	19+200.00	19+300.00	3.59
-9.703488	- 76.092972	52.94	19+300.00	19+400.00	0.81
-9.703682	- 76.091982	58.66	19+400.00	19+500.00	2.13
-9.704038	-76.09107	67.05	19+500.00	19+600.00	2.92
-9.70438	-76.09011	66.37	19+600.00	19+700.00	6
-9.704537	- 76.089133	45.46	19+700.00	19+800.00	3.41
-9.70463	- 76.088217	26.09	19+800.00	19+900.00	6
-9.703675	- 76.087993	38.89	19+900.00	20+000.00	6
-9.70308	- 76.087225	54.42	20+000.00	20+100.00	2.91
-9.702393	- 76.086578	54.28	20+100.00	20+200.00	1.77
-9.701723	- 76.085887	49.83	20+200.00	20+300.00	3.33
-9.7008	-76.08573	58.62	20+300.00	20+400.00	2.01
-9.69991	- 76.085957	62.49	20+400.00	20+500.00	3.69
-9.699018	- 76.086163	59.3	20+500.00	20+600.00	3.41
-9.697998	- 76.085957	58.8	20+600.00	20+700.00	2.53

-9.697113	-76.08619	61.38	20+700.00	20+800.00	5.28
-9.696248	-	59.38	20+800.00	20+900.00	4.57
-9.695383	76.086458	39.51	20+900.00	21+000.00	2.8
-9.695172	-	49.05	21+000.00	21+100.00	0.58
-9.694642	76.085917	52.53	21+100.00	21+200.00	0.98
-9.695005	-	54.43	21+200.00	21+300.00	1.11
-9.695462	76.084382	36.3	21+300.00	21+400.00	2.82
-9.694582	-	31.63	21+400.00	21+500.00	3.24
-9.694033	76.083467	45.12	21+500.00	21+600.00	1.28
-9.693268	-	49.11	21+600.00	21+700.00	1.43
-9.692507	76.084772	49.06	21+700.00	21+800.00	1.1
-9.692133	-76.08522	39.08	21+800.00	21+900.00	1.99
-9.69145	76.085998	52.12	21+900.00	22+000.00	1.3
-9.69118	-	57.01	22+000.00	22+100.00	1.76
-9.690713	76.084422	64.02	22+100.00	22+200.00	5.52
-9.690015	-	56.78	22+200.00	22+300.00	3.44
-9.689033	76.082845	56.58	22+300.00	22+400.00	1.52
-9.68817	-76.08263	40.85	22+400.00	22+500.00	1.04
-9.688358	76.082495	56.56	22+500.00	22+600.00	0.13
-9.688258	-	54.06	22+600.00	22+700.00	2.24
-9.688783	76.081617	53.29	22+700.00	22+800.00	1.39
-9.688932	-	43.4	22+800.00	22+900.00	6
-9.68808	76.078972	53.47	22+900.00	23+000.00	0.61
-9.687132	-	58.42	23+000.00	23+100.00	1.8
-9.686303	76.078547	57.01	23+100.00	23+200.00	0.77
-9.685797	-	59.23	23+200.00	23+300.00	3.91
-9.685485	76.077553	24.01	23+300.00	23+400.00	2.83

-9.684875	- 76.077005	49.47	23+400.00	23+500.00	6
-9.684283	- 76.077807	59.14	23+500.00	23+600.00	1.61
-9.683478	- 76.078285	48.13	23+600.00	23+700.00	1.93
-9.68299	- 76.079112	55.93	23+700.00	23+800.00	2.1
-9.682355	- 76.079817	54.18	23+800.00	23+900.00	1.79
-9.682042	- 76.080557	45.75	23+900.00	24+000.00	1.95
-9.681038	- 76.080742	62.69	24+000.00	24+100.00	1.14
-9.680037	- 76.080827	46.16	24+100.00	24+200.00	2.85
-9.679737	- 76.079958	59.04	24+200.00	24+300.00	0.79
-9.679213	- 76.079123	51.54	24+300.00	24+400.00	1.87
-9.678292	-76.07954	61.42	24+400.00	24+500.00	0.75
-9.67747	- 76.080178	54.76	24+500.00	24+600.00	2.33
-9.676808	-76.07986	52.37	24+600.00	24+700.00	1.1
-9.676755	- 76.078843	60.03	24+700.00	24+800.00	1.65
-9.67689	- 76.077892	65.53	24+800.00	24+900.00	4.61
-9.676972	- 76.076908	64.89	24+900.00	25+000.00	0.71
-9.676892	- 76.075925	63.66	25+000.00	25+100.00	3.71
-9.67724	- 76.075068	61.06	25+100.00	25+200.00	1.23
-9.677715	- 76.074167	46.71	25+200.00	25+300.00	2.31
-9.677647	- 76.073385	53.13	25+300.00	25+400.00	6
-9.676953	- 76.072723	44.07	25+400.00	25+500.00	6
-9.676077	- 76.073062	42.03	25+500.00	25+600.00	6
-9.675272	- 76.072665	32.5	25+600.00	25+700.00	6
-9.674807	- 76.073492	48.42	25+700.00	25+800.00	6
-9.673995	- 76.073997	60.39	25+800.00	25+900.00	1.72
-9.673128	- 76.074392	61.81	25+900.00	26+000.00	5.51
-9.672188	-76.07459	19.52	26+000.00	26+100.00	6

-9.671405	-	76.075207	50.25	26+100.00	26+200.00	6
-9.670508	-	76.075233	53.8	26+200.00	26+300.00	6
-9.669597	-	76.075562	55.98	26+300.00	26+400.00	6
-9.66865	-	-76.07581	52.03	26+400.00	26+500.00	6
-9.66785	-	76.076295	44.71	26+500.00	26+600.00	2.99
-9.66743	-	76.077158	56.23	26+600.00	26+700.00	1.73
-9.666588	-	76.077612	65.43	26+700.00	26+800.00	1.96
-9.665813	-	76.078088	55.93	26+800.00	26+900.00	2.49
-9.66505	-	-76.07774	41.11	26+900.00	27+000.00	2.27
-9.664427	-	-76.07714	46.86	27+000.00	27+100.00	1.12
-9.66404	-	-76.07633	52.27	27+100.00	27+200.00	0.64
-9.664555	-	76.075492	56.9	27+200.00	27+300.00	4.87
-9.664952	-	76.074578	56.92	27+300.00	27+400.00	6
-9.665305	-	-76.07374	64.04	27+400.00	27+500.00	6
-9.665398	-	-76.07275	66.56	27+500.00	27+600.00	2.65
-9.665587	-	-76.07181	56.55	27+600.00	27+700.00	2.81
-9.665248	-	-76.07097	55.07	27+700.00	27+800.00	1.75
-9.664912	-	-76.07	63.21	27+800.00	27+900.00	2.51
-9.664942	-	76.069075	58.41	27+900.00	28+000.00	5.04
-9.664895	-	76.068108	53.77	28+000.00	28+100.00	2.64
-9.664817	-	76.067207	52.57	28+100.00	28+200.00	1.29
-9.66524	-	-76.06631	48.04	28+200.00	28+300.00	5.47
-9.666018	-	76.065823	51.49	28+300.00	28+400.00	0.38
-9.66624	-	76.065082	45.65	28+400.00	28+500.00	6
-9.665987	-	76.064167	47.43	28+500.00	28+600.00	2.33
-9.666053	-	76.063278	37.58	28+600.00	28+700.00	5.15
-9.665723	-	76.062487	40.45	28+700.00	28+800.00	1.26
-9.66507	-	76.061802	55.51	28+800.00	28+900.00	6
-9.664433	-	-76.06116	52.88	28+900.00	29+000.00	2.06
-9.664303	-	76.060275	25.71	29+000.00	29+100.00	6
-9.663447	-	-76.05988	9.31	29+100.00	29+200.00	6

-9.662747	-76.05933	21.26	29+200.00	29+300.00	6
-9.66206	-	13.48	29+300.00	29+400.00	6
-9.661327	76.058197	26.31	29+400.00	29+500.00	6
-9.660525	-	42.02	29+500.00	29+600.00	5.64
-9.660222	76.057032	44.49	29+600.00	29+700.00	2.43
-9.659797	-	47.73	29+700.00	29+800.00	6
-9.658935	76.056133	38.37	29+800.00	29+900.00	2.58
-9.658167	-	26.64	29+900.00	30+000.00	6
-9.657327	-76.05621	53.17	30+000.00	30+100.00	5.09
-9.65654	76.056777	55.36	30+100.00	30+200.00	1.11
-9.655892	-76.05648	49.25	30+200.00	30+300.00	1.98
-9.65629	-	47.51	30+300.00	30+400.00	1.83
-9.656095	76.054768	61.05	30+400.00	30+500.00	2.62
-9.655673	-	47.16	30+500.00	30+600.00	4.14
-9.654765	76.053722	56.5	30+600.00	30+700.00	2.87
-9.6538	-76.05345	38.37	30+700.00	30+800.00	1.36
-9.653407	-76.05392	26.44	30+800.00	30+900.00	6
-9.654283	-	54.09	30+900.00	31+000.00	6
-9.655013	76.054735	49.3	31+000.00	31+100.00	1.26
-9.655035	-	43.89	31+100.00	31+200.00	2.64
-9.655033	76.056668	54.18	31+200.00	31+300.00	4.32
-9.654757	-	40.96	31+300.00	31+400.00	0.85
-9.655572	76.058028	42.05	31+400.00	31+500.00	0.4
-9.656258	-	53.7	31+500.00	31+600.00	2.31
-9.657192	-76.05836	50.34	31+600.00	31+700.00	1.29
-9.65803	-	49.15	31+700.00	31+800.00	2.75
-9.658705	76.058607	49.76	31+800.00	31+900.00	1
-9.658692	-	34.95	31+900.00	32+000.00	2.58

-9.65909	- 76.060347	29.82	32+000.00	32+100.00	6
-9.659623	- 76.061073	41.65	32+100.00	32+200.00	6
-9.66056	- 76.061123	24.72	32+200.00	32+300.00	6
-9.660628	- 76.061998	45.45	32+300.00	32+400.00	6
-9.66002	- 76.062698	49.35	32+400.00	32+500.00	3.23
-9.660325	- 76.063622	40.09	32+500.00	32+600.00	1.63
-9.659605	-76.06347	53.03	32+600.00	32+700.00	2.25
-9.658843	- 76.062945	54.11	32+700.00	32+800.00	1.54
-9.65796	- 76.063333	58.42	32+800.00	32+900.00	2.09
-9.657407	- 76.064158	58.85	32+900.00	33+000.00	4.18
-9.657297	- 76.065142	55.21	33+000.00	33+100.00	2.58
-9.656462	-76.06572	57.44	33+100.00	33+200.00	1.83
-9.655967	- 76.066515	53.59	33+200.00	33+300.00	2.02
-9.65644	- 76.067363	57.18	33+300.00	33+400.00	3.23
-9.656878	-76.06814	54.31	33+400.00	33+500.00	1.83
-9.656967	- 76.069167	41.75	33+500.00	33+600.00	1.9
-9.656465	- 76.069025	31.2	33+600.00	33+700.00	6
-9.656217	- 76.068113	45.11	33+700.00	33+800.00	6
-9.65538	- 76.067527	33.42	33+800.00	33+900.00	2.02
-9.65473	- 76.066813	43.47	33+900.00	34+000.00	0.59
-9.654902	- 76.065937	46.47	34+000.00	34+100.00	4.93
-9.655403	- 76.065135	45.62	34+100.00	34+200.00	0.82
-9.655387	- 76.064198	45.09	34+200.00	34+300.00	1.29
-9.655605	- 76.063388	39.95	34+300.00	34+400.00	2.46
-9.656503	-76.06301	41.64	34+400.00	34+500.00	1.42
-9.656998	- 76.062148	35.54	34+500.00	34+600.00	3.08
-9.656343	- 76.061762	38.38	34+600.00	34+700.00	3.38

-9.65551	- 76.061917	41.87	34+700.00	34+800.00	0.15
-9.654743	- 76.061245	44.89	34+800.00	34+900.00	0.68
-9.654183	- 76.060485	31.06	34+900.00	35+000.00	4.21
-9.653295	- 76.060312	38.88	35+000.00	35+100.00	6
-9.652473	- 76.060003	36.45	35+100.00	35+200.00	1.69
-9.651645	- 76.060015	36.23	35+200.00	35+300.00	1.87
-9.651177	- 76.059235	40.37	35+300.00	35+400.00	4.48
-9.650303	-76.05892	41.24	35+400.00	35+500.00	2.29
-9.649488	- 76.058685	28.45	35+500.00	35+600.00	3.8
-9.648983	- 76.059525	56.18	35+600.00	35+700.00	0.42
-9.648118	- 76.059948	56.59	35+700.00	35+800.00	5.72
-9.647282	- 76.059332	62.97	35+800.00	35+900.00	4.11
-9.646697	- 76.058598	36.59	35+900.00	36+000.00	3.48
-9.646298	- 76.058967	44.2	36+000.00	36+100.00	6
-9.646558	-76.05991	57.27	36+100.00	36+200.00	2.04
-9.646792	- 76.060847	23.11	36+200.00	36+300.00	0.13
-9.646517	- 76.061678	20.88	36+300.00	36+400.00	0.2
-9.645712	- 76.061712	18.75	36+400.00	36+500.00	0.2
-9.64544	- 76.062458	50.91	36+500.00	36+600.00	0.21
-9.645313	- 76.063362	54.09	36+600.00	36+700.00	2.3
-9.644798	-76.06415	48.49	36+700.00	36+800.00	1.83
-9.644672	-76.06502	55.96	36+800.00	36+900.00	2.58
-9.644132	- 76.065825	44.26	36+900.00	37+000.00	3.69
-9.643922	-76.0668	50.36	37+000.00	37+100.00	1.63
-9.643287	- 76.067215	46.49	37+100.00	37+200.00	0.77
-9.64275	- 76.066373	50.04	37+200.00	37+300.00	1.77
-9.642088	- 76.066043	46.78	37+300.00	37+400.00	2.32
-9.641495	-76.06674	50.71	37+400.00	37+500.00	1.02
-9.640597	-76.06655	54.1	37+500.00	37+600.00	2.69

-9.640345	- 76.065648	57.42	37+600.00	37+700.00	1.38
-9.640313	- 76.064672	53.12	37+700.00	37+800.00	2.84
-9.639467	-76.0642	57.93	37+800.00	37+900.00	1.53
-9.638518	- 76.064388	59.18	37+900.00	38+000.00	1.74
-9.637987	- 76.065302	60.92	38+000.00	38+100.00	6
-9.637217	- 76.065887	57.26	38+100.00	38+200.00	3.4
-9.636253	- 76.066168	53.37	38+200.00	38+300.00	4.43
-9.635492	- 76.066027	44.42	38+300.00	38+400.00	6
-9.635167	- 76.065117	38.2	38+400.00	38+500.00	6
-9.634215	- 76.065028	47.4	38+500.00	38+600.00	3.07
-9.633257	- 76.065278	45.42	38+600.00	38+700.00	4.58
-9.632357	- 76.065558	54.5	38+700.00	38+800.00	5.09
-9.631452	- 76.065553	53.5	38+800.00	38+900.00	3.6
-9.630588	- 76.065898	50.32	38+900.00	39+000.00	4.47
-9.629713	- 76.065713	52.49	39+000.00	39+100.00	1.47
-9.628853	- 76.065332	56.54	39+100.00	39+200.00	4.23
-9.62789	- 76.065187	49.61	39+200.00	39+300.00	4.95
-9.627665	- 76.064413	50.13	39+300.00	39+400.00	4.34
-9.628153	- 76.063527	32.24	39+400.00	39+500.00	6
-9.627638	- 76.062795	36.69	39+500.00	39+600.00	1.09
-9.627668	- 76.061907	32.7	39+600.00	39+700.00	5.29

Fuente: elaboración propia

Tabla 11: parámetros obtenidos de los datos recolectados por el Abakal

PARAMETROS	RESULTADO S IRI m/hm
Máximo	6.000
Mínimo	0.130
Promedio	3.376
Desv. Estándar	1.964

Fuente: elaboración propia

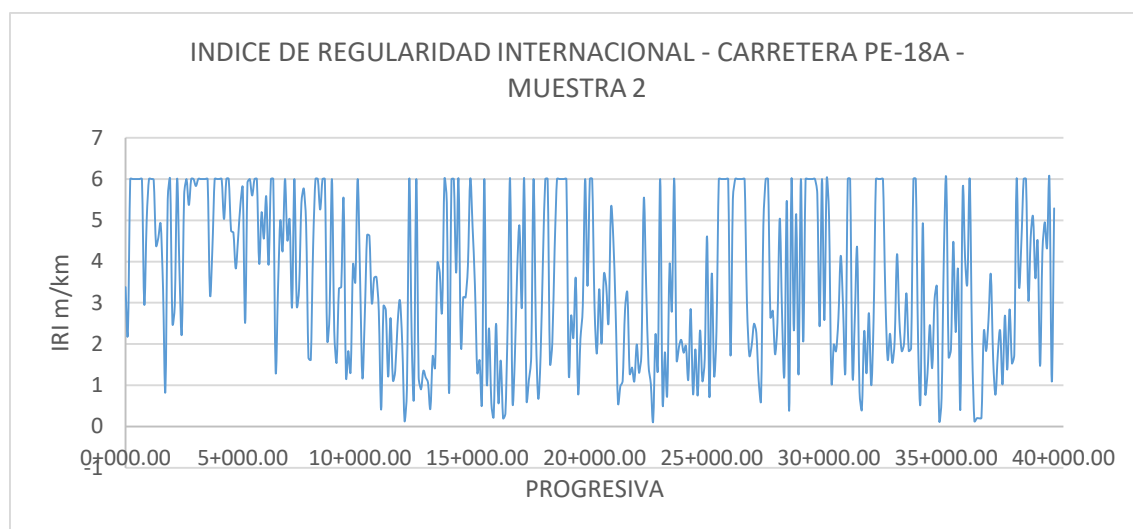


Figura 33: valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.

Fuente: elaboración propia

● **Valores IRI de la muestra 3**

Tabla 12: Valores obtenidos con el Total Pave muestra 3

Latitud	Longitud	Velocidad	P. Inicial	P. Final	Valor IRI
-9.82065	-	73.88	0+000.00	0+100.00	3.67
-9.819908	-76.07019	76.65	0+100.00	0+200.00	1.96
-9.81944	-	73.77	0+200.00	0+300.00	6
-9.819113	-	61.04	0+300.00	0+400.00	6
-9.818413	-	66.9	0+400.00	0+500.00	6
-9.81791	-	63.32	0+500.00	0+600.00	6
-9.817823	-	66.06	0+600.00	0+700.00	6
-9.817405	-	60.12	0+700.00	0+800.00	6

-9.816648	- 76.064465	38.21	0+800.00	0+900.00	4.25
-9.816202	- 76.063623	49.68	0+900.00	1+000.00	5.49
-9.816043	- 76.062607	64.95	1+000.00	1+100.00	4.69
-9.81575	- 76.061687	60.53	1+100.00	1+200.00	6
-9.814927	- 76.061318	63.56	1+200.00	1+300.00	6
-9.813888	- 76.061247	50.38	1+300.00	1+400.00	4.39
-9.812953	- 76.061343	13.85	1+400.00	1+500.00	1.63
-9.812163	- 76.061788	35.17	1+500.00	1+600.00	0.27
-9.81126	- 76.062163	58.08	1+600.00	1+700.00	2.17
-9.810218	-76.06328	19.94	1+700.00	1+800.00	0.2
-9.809823	-76.06409	20.36	1+800.00	1+900.00	0.45
-9.809113	- 76.064647	19.45	1+900.00	2+000.00	0.25
-9.80826	- 76.064972	21.79	2+000.00	2+100.00	0.88
-9.807383	- 76.065322	19.13	2+100.00	2+200.00	0.36
-9.806697	-76.06592	19.32	2+200.00	2+300.00	1.89
-9.804868	- 76.067885	11.72	2+300.00	2+400.00	0.77
-9.804373	- 76.068288	32.11	2+400.00	2+500.00	4.41
-9.803432	-76.06838	29.1	2+500.00	2+600.00	1.05
-9.802532	- 76.068593	50.61	2+600.00	2+700.00	5.88
-9.801678	- 76.068942	32.95	2+700.00	2+800.00	3.19
-9.800848	- 76.069283	42.97	2+800.00	2+900.00	4.75
-9.800022	- 76.069867	57.76	2+900.00	3+000.00	5.45
-9.799558	- 76.070642	64.25	3+000.00	3+100.00	5.96
-9.799308	- 76.071568	64.09	3+100.00	3+200.00	6
-9.79891	- 76.072443	63.81	3+200.00	3+300.00	5.12
-9.798352	- 76.073195	56.55	3+300.00	3+400.00	6
-9.797792	- 76.073983	33.17	3+400.00	3+500.00	5.54

-9.79723	- 76.074757	19.85	3+500.00	3+600.00	3.11
-9.796643	- 76.075473	21.58	3+600.00	3+700.00	1.14
-9.79583	- 76.075277	20.09	3+700.00	3+800.00	2.02
-9.795018	- 76.074888	23.44	3+800.00	3+900.00	1.51
-9.794205	- 76.075232	46.94	3+900.00	4+000.00	3.76
-9.79331	- 76.075743	51.32	4+000.00	4+100.00	4.73
-9.7925	-76.07634	34.62	4+100.00	4+200.00	5.36
-9.792045	-76.0772	35.61	4+200.00	4+300.00	2.65
-9.791858	- 76.078112	47.34	4+300.00	4+400.00	4.3
-9.791542	- 76.079025	46.12	4+400.00	4+500.00	3.22
-9.791348	- 76.079995	27.37	4+500.00	4+600.00	2.44
-9.79143	-76.08093	16.49	4+600.00	4+700.00	0.6
-9.790853	-76.08157	12.67	4+700.00	4+800.00	0.18
-9.789988	-76.08198	20.83	4+800.00	4+900.00	0.79
-9.789102	- 76.082182	16.77	4+900.00	5+000.00	0.9
-9.788258	- 76.082525	43.73	5+000.00	5+100.00	3.91
-9.786275	- 76.084065	18.11	5+100.00	5+200.00	4.75
-9.785502	- 76.084608	37.11	5+200.00	5+300.00	6
-9.784765	- 76.085118	50.08	5+300.00	5+400.00	5.04
-9.783972	- 76.085647	57.49	5+400.00	5+500.00	3.35
-9.783223	- 76.086367	60.06	5+500.00	5+600.00	4.5
-9.782398	-76.08687	47.15	5+600.00	5+700.00	4.33
-9.781467	- 76.087158	25.06	5+700.00	5+800.00	2.8
-9.78063	-76.08751	33.43	5+800.00	5+900.00	2.65
-9.779893	- 76.088038	17.75	5+900.00	6+000.00	3.69
-9.77935	-76.08889	25.66	6+000.00	6+100.00	1.49
-9.778848	- 76.089723	27.49	6+100.00	6+200.00	1.49
-9.778315	- 76.090567	39.34	6+200.00	6+300.00	3.61
-9.777537	- 76.091152	47.69	6+300.00	6+400.00	4.84

-9.776705	-	76.091565	55.63	6+400.00	6+500.00	5.19
-9.775822	-	76.09199	54.3	6+500.00	6+600.00	3.89
-9.774927	-	76.09238	54.12	6+600.00	6+700.00	3.58
-9.774013	-	76.092735	56.26	6+700.00	6+800.00	3.26
-9.77332	-	76.09341	58.73	6+800.00	6+900.00	3.83
-9.773348	-	76.094375	64.62	6+900.00	7+000.00	3.83
-9.773528	-	76.095372	56.63	7+000.00	7+100.00	3.58
-9.773563	-	76.096335	55.52	7+100.00	7+200.00	3.63
-9.773032	-	76.097203	45.7	7+200.00	7+300.00	6
-9.77257	-	76.098003	57.18	7+300.00	7+400.00	4.79
-9.771735	-	76.098388	48.37	7+400.00	7+500.00	2.33
-9.77181	-	76.097618	48.33	7+500.00	7+600.00	3.39
-9.772047	-	76.096608	53.25	7+600.00	7+700.00	3.44
-9.77184	-	76.095695	54.65	7+700.00	7+800.00	6
-9.771217	-	76.094935	57.44	7+800.00	7+900.00	6
-9.770575	-	76.094137	58.8	7+900.00	8+000.00	6
-9.769935	-	76.093457	53.63	8+000.00	8+100.00	5.69
-9.769122	-	76.09312	51.74	8+100.00	8+200.00	3.43
-9.768215	-	76.09315	32.43	8+200.00	8+300.00	4.18
-9.767295	-	76.093163	38.87	8+300.00	8+400.00	3.82
-9.767072	-	76.0923	37.5	8+400.00	8+500.00	6
-9.767002	-	76.091385	55.43	8+500.00	8+600.00	4.07
-9.766325	-	76.090643	54.35	8+600.00	8+700.00	3.61
-9.76559	-	76.089993	19.64	8+700.00	8+800.00	1.87
-9.764733	-	76.089627	44.23	8+800.00	8+900.00	1.64
-9.763828	-	76.089418	57.55	8+900.00	9+000.00	4.38
-9.762925	-	76.089242	63.91	9+000.00	9+100.00	3.52
-9.761917	-	76.089027	49.04	9+100.00	9+200.00	3.61

-9.76098	- 76.088685	31.9	9+200.00	9+300.00	2.37
-9.760012	- 76.088698	34.46	9+300.00	9+400.00	1.42
-9.759113	-76.08904	35.48	9+400.00	9+500.00	1.65
-9.758187	- 76.089383	49.85	9+500.00	9+600.00	4.81
-9.757247	-76.08945	55.22	9+600.00	9+700.00	3.65
-9.756218	- 76.089345	61.74	9+700.00	9+800.00	2.98
-9.75528	-76.08946	63.99	9+800.00	9+900.00	4.2
-9.754405	- 76.089895	64.62	9+900.00	10+000.00	5.06
-9.753558	- 76.090343	62.5	10+000.00	10+100.00	6
-9.752643	- 76.090583	62.83	10+100.00	10+200.00	3.72
-9.751702	-76.09061	60.93	10+200.00	10+300.00	4.7
-9.750707	- 76.090583	51.53	10+300.00	10+400.00	6
-9.749797	- 76.090903	18.51	10+400.00	10+500.00	1.09
-9.749037	- 76.091432	38.43	10+500.00	10+600.00	0.88
-9.748392	- 76.092162	34.11	10+600.00	10+700.00	4.71
-9.747588	- 76.092665	43.65	10+700.00	10+800.00	4.19
-9.746755	- 76.093238	55.04	10+800.00	10+900.00	2.78
-9.74604	- 76.093927	58.24	10+900.00	11+000.00	3.2
-9.745618	- 76.094787	54.42	11+000.00	11+100.00	4.31
-9.744668	-76.09469	55.82	11+100.00	11+200.00	3.44
-9.743837	- 76.095065	50.92	11+200.00	11+300.00	2.19
-9.7429	- 76.095243	30.43	11+300.00	11+400.00	1.95
-9.742007	- 76.095635	42.36	11+400.00	11+500.00	1.34
-9.741275	- 76.096318	51.77	11+500.00	11+600.00	3.55
-9.740415	- 76.096598	41.76	11+600.00	11+700.00	5.92
-9.740193	- 76.096025	41.85	11+700.00	11+800.00	6
-9.740702	- 76.095275	48.24	11+800.00	11+900.00	2.36
-9.741317	- 76.094523	22.93	11+900.00	12+000.00	6

-9.7421	- 76.093998	33.09	12+000.00	12+100.00	6
-9.742512	- 76.093205	41.86	12+100.00	12+200.00	4.18
-9.74188	- 76.092773	44.18	12+200.00	12+300.00	3.8
-9.741078	- 76.093287	45.63	12+300.00	12+400.00	3.32
-9.740177	- 76.093682	29.46	12+400.00	12+500.00	2.91
-9.73943	- 76.094242	21.62	12+500.00	12+600.00	0.23
-9.738517	- 76.094332	22.35	12+600.00	12+700.00	0.2
-9.737693	- 76.093927	23.23	12+700.00	12+800.00	0.2
-9.736975	-76.09333	11	12+800.00	12+900.00	0.2
-9.736097	- 76.093193	22.22	12+900.00	13+000.00	1.49
-9.735142	- 76.093078	43.05	13+000.00	13+100.00	2.01
-9.73426	- 76.092812	34.58	13+100.00	13+200.00	2.89
-9.733372	- 76.092668	37.59	13+200.00	13+300.00	6
-9.732618	- 76.092035	42.2	13+300.00	13+400.00	4.88
-9.73162	- 76.092012	46.38	13+400.00	13+500.00	5.17
-9.730877	- 76.091457	47.08	13+500.00	13+600.00	6
-9.730312	- 76.090728	44.12	13+600.00	13+700.00	5.54
-9.72947	- 76.090625	35.75	13+700.00	13+800.00	3.77
-9.730125	- 76.091192	48.72	13+800.00	13+900.00	4.35
-9.730695	- 76.091912	53.17	13+900.00	14+000.00	4.55
-9.731393	- 76.092672	49.29	14+000.00	14+100.00	3.42
-9.732198	-76.09309	53.02	14+100.00	14+200.00	3.04
-9.733003	- 76.093638	49.86	14+200.00	14+300.00	3.21
-9.733878	-76.09402	34.24	14+300.00	14+400.00	4.66
-9.73447	- 76.094685	34.6	14+400.00	14+500.00	5.94
-9.733842	- 76.095433	42.76	14+500.00	14+600.00	3.43
-9.73324	- 76.096118	39.37	14+600.00	14+700.00	2.77

-9.732615	- 76.096848	24.68	14+700.00	14+800.00	0.95
-9.731788	- 76.097242	21.56	14+800.00	14+900.00	3.62
-9.73135	- 76.098012	20.7	14+900.00	15+000.00	4.5
-9.730513	- 76.098177	35.48	15+000.00	15+100.00	2.48
-9.729547	- 76.097962	32.23	15+100.00	15+200.00	3.75
-9.728625	-76.0981	24.97	15+200.00	15+300.00	1.39
-9.72803	-76.09742	26.17	15+300.00	15+400.00	1.23
-9.727213	- 76.097017	28.02	15+400.00	15+500.00	1.03
-9.726665	- 76.096248	27.68	15+500.00	15+600.00	0.97
-9.725957	- 76.095688	32.69	15+600.00	15+700.00	2.19
-9.725038	-76.09571	33.08	15+700.00	15+800.00	2.17
-9.724263	-76.09525	34.56	15+800.00	15+900.00	2.06
-9.723638	- 76.094567	23.71	15+900.00	16+000.00	3.7
-9.723403	- 76.095157	43.55	16+000.00	16+100.00	6
-9.723795	- 76.096092	50.58	16+100.00	16+200.00	3.05
-9.723648	-76.09705	46.12	16+200.00	16+300.00	6
-9.719288	- 76.098833	27.91	16+300.00	16+400.00	4.64
-9.718322	- 76.098337	51.3	16+400.00	16+500.00	4.43
-9.71739	- 76.098135	54.04	16+500.00	16+600.00	5.57
-9.716612	- 76.097545	49.87	16+600.00	16+700.00	4.03
-9.716545	- 76.096567	58.39	16+700.00	16+800.00	2.88
-9.716788	- 76.095613	57.74	16+800.00	16+900.00	2.68
-9.716312	- 76.094827	55.69	16+900.00	17+000.00	6
-9.715567	- 76.094253	55.81	17+000.00	17+100.00	6
-9.714955	- 76.093673	45.48	17+100.00	17+200.00	2.47
-9.714573	- 76.092922	47.66	17+200.00	17+300.00	2.71
-9.713707	- 76.092423	42.91	17+300.00	17+400.00	2.58
-9.712872	- 76.092148	40.44	17+400.00	17+500.00	6

-9.712602	- 76.093053	48.59	17+500.00	17+600.00	6
-9.712505	- 76.093975	55.07	17+600.00	17+700.00	5.14
-9.711762	-76.09445	45.34	17+700.00	17+800.00	2.76
-9.711109	- 76.093803	56.37	17+800.00	17+900.00	2.34
-9.710497	- 76.092968	55.45	17+900.00	18+000.00	6
-9.71003	- 76.092105	32.03	18+000.00	18+100.00	6
-9.709085	-76.09225	52.86	18+100.00	18+200.00	6
-9.708198	- 76.092473	54.29	18+200.00	18+300.00	6
-9.70748	- 76.093152	54.92	18+300.00	18+400.00	6
-9.70657	- 76.093105	55.32	18+400.00	18+500.00	2.67
-9.70571	- 76.093448	50.52	18+500.00	18+600.00	3.19
-9.70511	- 76.094077	46.49	18+600.00	18+700.00	3.07
-9.70434	- 76.093527	22.48	18+700.00	18+800.00	2.41
-9.703493	- 76.093338	42.05	18+800.00	18+900.00	5.29
-9.703637	- 76.092392	61.5	18+900.00	19+000.00	3.26
-9.703875	- 76.091468	64.29	19+000.00	19+100.00	4.26
-9.704233	- 76.090557	64.57	19+100.00	19+200.00	4.58
-9.704507	- 76.089667	52.06	19+200.00	19+300.00	4.33
-9.70463	- 76.088743	41.23	19+300.00	19+400.00	6
-9.704258	- 76.088133	32.72	19+400.00	19+500.00	6
-9.703443	- 76.087725	47.8	19+500.00	19+600.00	6
-9.702903	- 76.086932	48.17	19+600.00	19+700.00	3.7
-9.702272	-76.0862	50.42	19+700.00	19+800.00	3.18
-9.701507	- 76.085845	54.7	19+800.00	19+900.00	4.35
-9.700585	- 76.085692	55.47	19+900.00	20+000.00	3.55
-9.699578	- 76.086032	60.64	20+000.00	20+100.00	5.05
-9.69857	- 76.085952	56.26	20+100.00	20+200.00	2.68

-9.697612	- 76.085992	56.79	20+200.00	20+300.00	4.09
-9.696612	- 76.086307	58.32	20+300.00	20+400.00	3.5
-9.695758	- 76.086713	32.31	20+400.00	20+500.00	2.94
-9.695257	-76.08623	30.32	20+500.00	20+600.00	2.03
-9.694803	-76.08542	27.27	20+600.00	20+700.00	1.47
-9.694875	-76.08453	30.64	20+700.00	20+800.00	1.37
-9.695395	-76.08376	22.85	20+800.00	20+900.00	0.9
-9.694847	-76.08334	26.51	20+900.00	21+000.00	3.57
-9.694245	- 76.084058	25.83	21+000.00	21+100.00	1.35
-9.693585	- 76.084688	27.25	21+100.00	21+200.00	1.14
-9.692655	- 76.084872	29.38	21+200.00	21+300.00	1
-9.692308	- 76.085797	27.32	21+300.00	21+400.00	0.75
-9.691593	- 76.085538	26.84	21+400.00	21+500.00	1.07
-9.69127	- 76.084647	28.75	21+500.00	21+600.00	1.93
-9.69086	- 76.083787	39.96	21+600.00	21+700.00	1.59
-9.690283	-76.08301	57.96	21+700.00	21+800.00	3.02
-9.689352	- 76.082605	60.68	21+800.00	21+900.00	4.56
-9.68834	- 76.082582	42.39	21+900.00	22+000.00	3.04
-9.688367	- 76.081675	55.89	22+000.00	22+100.00	3.14
-9.688268	- 76.080635	56.46	22+100.00	22+200.00	2.59
-9.688817	- 76.079793	58.38	22+200.00	22+300.00	3.52
-9.68896	- 76.078893	45.04	22+300.00	22+400.00	6
-9.688152	- 76.078402	58.06	22+400.00	22+500.00	2.74
-9.687202	- 76.078727	55.96	22+500.00	22+600.00	3.2
-9.686397	- 76.078558	55.4	22+600.00	22+700.00	2.66
-9.685937	- 76.077772	61.22	22+700.00	22+800.00	4.38
-9.685588	- 76.076878	42.04	22+800.00	22+900.00	3.26
-9.684972	- 76.076678	35.52	22+900.00	23+000.00	6

-9.684528	- 76.077525	48.56	23+000.00	23+100.00	2.8
-9.683678	- 76.077963	46.77	23+100.00	23+200.00	3.1
-9.683183	-76.07884	54.06	23+200.00	23+300.00	3.43
-9.682448	- 76.079415	41.68	23+300.00	23+400.00	2.48
-9.682308	- 76.080353	39.43	23+400.00	23+500.00	3.13
-9.681425	- 76.080537	55.82	23+500.00	23+600.00	3.41
-9.68043	- 76.080795	60.49	23+600.00	23+700.00	3.49
-9.679828	- 76.080233	50.61	23+700.00	23+800.00	2.9
-9.679577	- 76.079355	47.48	23+800.00	23+900.00	2.83
-9.678698	- 76.079165	53.23	23+900.00	24+000.00	3.16
-9.677967	-76.07976	51.55	24+000.00	24+100.00	2.03
-9.677188	-76.08024	45.95	24+100.00	24+200.00	2.94
-9.676853	- 76.079558	55.06	24+200.00	24+300.00	2.99
-9.676753	- 76.078652	66.3	24+300.00	24+400.00	3.18
-9.676918	- 76.077733	76.19	24+400.00	24+500.00	3.88
-9.677035	- 76.076808	69.17	24+500.00	24+600.00	4.1
-9.676943	- 76.075873	54.61	24+600.00	24+700.00	4.07
-9.677305	- 76.074992	47.53	24+700.00	24+800.00	4.39
-9.67774	- 76.074187	39.89	24+800.00	24+900.00	2.39
-9.677715	- 76.073367	50.85	24+900.00	25+000.00	6
-9.676985	-76.0727	35.32	25+000.00	25+100.00	6
-9.676093	- 76.073012	38.48	25+100.00	25+200.00	6
-9.675287	- 76.072628	34.05	25+200.00	25+300.00	6
-9.674792	- 76.073437	44.39	25+300.00	25+400.00	6
-9.674048	- 76.073965	63.13	25+400.00	25+500.00	4.18
-9.673125	- 76.074375	68.19	25+500.00	25+600.00	5.86
-9.672183	- 76.074553	17.61	25+600.00	25+700.00	6

-9.671487	-	76.075063	51.17	25+700.00	25+800.00	6
-9.670557	-	76.07521	47.35	25+800.00	25+900.00	6
-9.66959	-	76.07554	53.36	25+900.00	26+000.00	6
-9.668692	-	76.075757	51.99	26+000.00	26+100.00	6
-9.667863	-	76.076223	38.19	26+100.00	26+200.00	3.11
-9.667425	-	76.077103	55.23	26+200.00	26+300.00	3.41
-9.66662	-	76.077543	64.02	26+300.00	26+400.00	4.84
-9.665827	-	76.078042	56.08	26+400.00	26+500.00	3.42
-9.665068	-	76.077762	39.69	26+500.00	26+600.00	2.99
-9.664525	-	76.077113	44.14	26+600.00	26+700.00	3.15
-9.66402	-	76.076392	42.54	26+700.00	26+800.00	2.32
-9.664543	-	76.075517	54.32	26+800.00	26+900.00	5.06
-9.664845	-	76.074635	49.43	26+900.00	27+000.00	6
-9.665277	-	76.073802	57.13	27+000.00	27+100.00	6
-9.665395	-	76.072813	56.52	27+100.00	27+200.00	3.43
-9.665585	-	76.071827	54.94	27+200.00	27+300.00	3.72
-9.665302	-	76.07096	53.95	27+300.00	27+400.00	2.62
-9.664947	-	76.070062	51.66	27+400.00	27+500.00	3.54
-9.664972	-	76.069112	54.47	27+500.00	27+600.00	3.63
-9.664965	-	76.068162	54.15	27+600.00	27+700.00	3.13
-9.664792	-	76.067255	53.74	27+700.00	27+800.00	3.84
-9.665228	-	76.066443	35.28	27+800.00	27+900.00	3.36
-9.665842	-	76.065835	43.07	27+900.00	28+000.00	1.83
-9.666292	-	76.065185	42.13	28+000.00	28+100.00	6
-9.666052	-	76.064223	47.06	28+100.00	28+200.00	3.2
-9.666052	-	76.063337	37.17	28+200.00	28+300.00	4.57
-9.66573	-	76.062502	37.53	28+300.00	28+400.00	4.15

-9.665163	-	76.061812	51.85	28+400.00	28+500.00	6
-9.664453	-	76.06116	43.81	28+500.00	28+600.00	5.05
-9.664332	-	76.06025	25.18	28+600.00	28+700.00	5.4
-9.663442	-	76.059848	10.61	28+700.00	28+800.00	6
-9.662725	-	76.059228	21.49	28+800.00	28+900.00	6
-9.662015	-	76.058617	14.57	28+900.00	29+000.00	6
-9.661247	-	76.058237	30.26	29+000.00	29+100.00	6
-9.660445	-	76.057823	40.17	29+100.00	29+200.00	3.6
-9.660255	-	76.056983	42.23	29+200.00	29+300.00	3.29
-9.659775	-	76.056097	44.83	29+300.00	29+400.00	6
-9.658877	-	76.056077	15.38	29+400.00	29+500.00	2.85
-9.658122	-	76.055697	15.23	29+500.00	29+600.00	1.7
-9.657307	-	76.056187	37.52	29+600.00	29+700.00	2.14
-9.656512	-	76.056757	38.52	29+700.00	29+800.00	1.53
-9.655905	-	76.056515	32.32	29+800.00	29+900.00	2.97
-9.656258	-	76.055662	34.94	29+900.00	30+000.00	1.78
-9.656145	-	76.054797	38.37	30+000.00	30+100.00	2.31
-9.655748	-	76.05389	30.18	30+100.00	30+200.00	2.55
-9.65481	-	76.053688	21.77	30+200.00	30+300.00	1.68
-9.65389	-	76.053372	5.86	30+300.00	30+400.00	0.71
-9.653433	-	76.053928	19.44	30+400.00	30+500.00	2.84
-9.654282	-	76.05413	38.28	30+500.00	30+600.00	5.46
-9.65504	-	76.05467	48.34	30+600.00	30+700.00	2.95
-9.655068	-	76.055657	14.1	30+700.00	30+800.00	1.35
-9.65508	-	76.056522	30.34	30+800.00	30+900.00	1.11
-9.654752	-	76.057408	23.88	30+900.00	31+000.00	1.47
-9.655448	-	76.057853	26.27	31+000.00	31+100.00	0.64
-9.656138	-	76.05837	48.66	31+100.00	31+200.00	1.98

-9.657127	- 76.058337	44.75	31+200.00	31+300.00	3.24
-9.657953	- 76.058298	28.43	31+300.00	31+400.00	3.17
-9.658687	- 76.058473	27.47	31+400.00	31+500.00	1.97
-9.658822	- 76.059392	20.73	31+500.00	31+600.00	2.98
-9.65899	- 76.060115	16.52	31+600.00	31+700.00	3.46
-9.659378	-76.06094	15.1	31+700.00	31+800.00	5.07
-9.66026	- 76.060995	22.54	31+800.00	31+900.00	5.3
-9.660732	- 76.061655	38.8	31+900.00	32+000.00	6
-9.660135	- 76.062408	46.31	32+000.00	32+100.00	3.08
-9.660243	-76.06331	48.39	32+100.00	32+200.00	4.2
-9.659878	- 76.063715	48.04	32+200.00	32+300.00	4.34
-9.659153	- 76.063007	57.01	32+300.00	32+400.00	3.92
-9.65822	- 76.063117	61.2	32+400.00	32+500.00	4.46
-9.657527	- 76.063747	63.1	32+500.00	32+600.00	5.47
-9.657398	- 76.064703	59.77	32+600.00	32+700.00	5.08
-9.656828	-76.06549	62.94	32+700.00	32+800.00	2.99
-9.656045	- 76.066152	58.25	32+800.00	32+900.00	5.81
-9.656142	- 76.067055	56.17	32+900.00	33+000.00	5.97
-9.656832	- 76.067822	63.46	33+000.00	33+100.00	4.99
-9.656937	- 76.068767	46.31	33+100.00	33+200.00	5.16
-9.656553	- 76.069353	10.42	33+200.00	33+300.00	3.54
-9.656493	- 76.068425	34.83	33+300.00	33+400.00	3.89
-9.655785	-76.06777	33.37	33+400.00	33+500.00	1.9
-9.655043	- 76.067238	44.06	33+500.00	33+600.00	3.74
-9.654722	- 76.066317	48.33	33+600.00	33+700.00	3.08
-9.655228	-76.06542	42.07	33+700.00	33+800.00	3.59
-9.655488	- 76.064547	35.07	33+800.00	33+900.00	2.91
-9.655303	- 76.063653	28.02	33+900.00	34+000.00	2.43

-9.656125	-76.06326	33.63	34+000.00	34+100.00	2.87
-9.656785	-76.0626	24.26	34+100.00	34+200.00	1.41
-9.656853	-	25.89	34+200.00	34+300.00	2.52
-9.655968	-	30.36	34+300.00	34+400.00	2.47
-9.655183	-	31.98	34+400.00	34+500.00	2.82
-9.6545	-	28	34+500.00	34+600.00	1.73
-9.653807	-	30.55	34+600.00	34+700.00	6
-9.652975	-	31.27	34+700.00	34+800.00	2.08
-9.652057	-	25.8	34+800.00	34+900.00	1.39
-9.651498	-76.05965	31.62	34+900.00	35+000.00	1.67
-9.650775	-	26.16	35+000.00	35+100.00	3.79
-9.650027	-	23.56	35+100.00	35+200.00	2.13
-9.649255	-	51.92	35+200.00	35+300.00	4.14
-9.648745	-	50.65	35+300.00	35+400.00	3.8
-9.647763	-76.05975	48.69	35+400.00	35+500.00	5.57
-9.647067	-	49.9	35+500.00	35+600.00	3.4
-9.646415	-	27.49	35+600.00	35+700.00	6
-9.646387	-76.05927	54.34	35+700.00	35+800.00	6
-9.646643	-	58.81	35+800.00	35+900.00	3.16
-9.646723	-	53.88	35+900.00	36+000.00	3.53
-9.646077	-	41.01	36+000.00	36+100.00	2.52
-9.645345	-	44.7	36+100.00	36+200.00	2.91
-9.64543	-	54.81	36+200.00	36+300.00	3.51
-9.64482	-	45.9	36+300.00	36+400.00	2.78
-9.64478	-	52.73	36+400.00	36+500.00	4.16
-9.644245	-	54.87	36+500.00	36+600.00	3.47
-9.643958	-	28.39	36+600.00	36+700.00	2.11
-9.643532	-	29.22	36+700.00	36+800.00	1.75

-9.642843	-	76.066652	32.62	36+800.00	36+900.00	1.95
-9.642308	-	76.06592	30.84	36+900.00	37+000.00	1.97
-9.641645	-	76.066613	34.14	37+000.00	37+100.00	1.51
-9.640778	-	76.066648	32.48	37+100.00	37+200.00	2.81
-9.64032	-	76.065882	35.15	37+200.00	37+300.00	2.65
-9.64038	-	76.064962	37.02	37+300.00	37+400.00	1.29
-9.639782	-	76.064285	36.59	37+400.00	37+500.00	2
-9.63884	-	76.064187	40.02	37+500.00	37+600.00	2.14
-9.638202	-	76.064875	38.2	37+600.00	37+700.00	1.96
-9.637623	-	76.06566	40.68	37+700.00	37+800.00	3.47
-9.6367	-	76.065983	36.43	37+800.00	37+900.00	3.19
-9.635818	-	76.066318	29.17	37+900.00	38+000.00	2.94
-9.63532	-	76.065528	28.75	38+000.00	38+100.00	3.82
-9.634692	-	76.06495	37.15	38+100.00	38+200.00	2

Fuente: elaboración propia

Tabla 13: parámetros obtenidos de los datos recolectados por el Total Pave

PARAMETROS	RESULTADOS IRI m/hm
Máximo	6.000
Mínimo	0.180
Promedio	3.584
Desv. Estándar	1.629

Fuente: elaboración propia

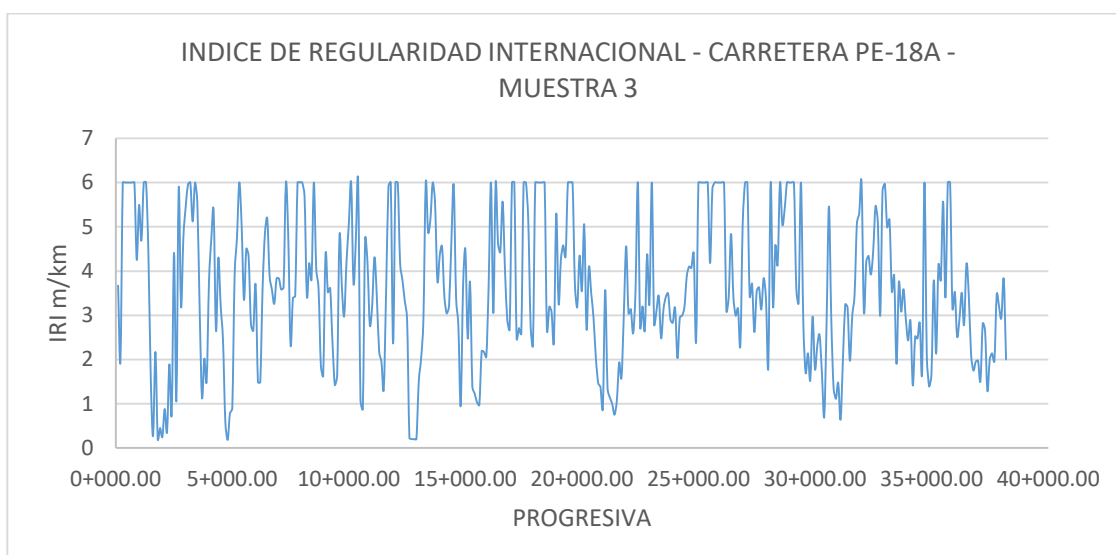


Figura 34: valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.

Fuente: elaboración propia

Luego de obtener los resultados de las tres muestras por el aplicativo Abakal se halló un promedio del IRI de las tres muestras como se observa en la tabla 14

Tabla 14: IRI promedio de las tres muestras

	IRI PROM. (m/Km)
MUESTRA 1	3.91
MUESTRA 2	3.38
MUESTRA 3	3.58
PROMEDIO	3.62

Fuente: elaboración propia

Según los datos obtenidos por el aplicativo móvil Abakal la carretera presente un IRI promedio de 3.62 m/Km. Este IRI corresponde a una carretera “regular – mala”.

5.2.2. Índice de Regularidad Internacional con Total Pave

En el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación de la carretera PE – 18A que une las ciudades de Huánuco – Tingo María, el cálculo de los valores IRI fue obtenido entre velocidades 30 a 70 km/h, se realizó tres muestras con el aplicativo Total Pave que se muestran a continuación.

- **Valores IRI de la muestra 1**

Tabla 15: Valores obtenidos con el Total Pave muestra 1

TPID	Street Name	From	To	IRI	Estimated Direction	Date
1477180	Sept 19 Line 2	START	0+100	3.433	NB	17-09-22 10:08
1477181	Sept 19 Line 2	0+100	0+200	3.3854	NB	17-09-22 10:08
1477182	Sept 19 Line 2	0+200	0+300	2.1794	NB	17-09-22 10:08
1477183	Sept 19 Line 2	0+300	0+400	4.1517	NB	17-09-22 10:08
1477184	Sept 19 Line 2	0+400	0+500	2.6706	NB	17-09-22 10:08
1477185	Sept 19 Line 2	0+500	0+600	1.5199	NB	17-09-22 10:08
1477186	Sept 19 Line 2	0+600	0+700	1.8866	NB	17-09-22 10:08
1477187	Sept 19 Line 2	0+700	0+800	2.0101	NB	17-09-22 10:08
1477188	Sept 19 Line 2	0+800	0+900	2.7128	NB	17-09-22 10:08
1477189	Sept 19 Line 2	0+900	1+000	1.3816	NB	17-09-22 10:08
1477190	Sept 19 Line 2	1+000	1+100	2.1661	NB	17-09-22 10:08
1477191	Sept 19 Line 2	1+100	1+200	3.2548	NB	17-09-22 10:08
1477192	Sept 19 Line 2	1+200	1+300	5.5962	NB	17-09-22 10:08
1477193	Sept 19 Line 2	1+300	1+400	3.144	NB	17-09-22 10:08
1477194	Sept 19 Line 2	1+400	1+500	3.0548	NB	17-09-22 10:08
1477195	Sept 19 Line 2	1+500	1+600	7.5032	WB	17-09-22 10:08
1477196	Sept 19 Line 2	1+600	1+700	7.7905	NB	17-09-22 10:08
1477197	Sept 19 Line 2	1+700	1+800	1.9791	NB	17-09-22 10:08
1477198	Sept 19 Line 2	1+800	1+900	1.8762	WB	17-09-22 10:08
1477199	Sept 19 Line 2	1+900	2+000	1.7198	WB	17-09-22 10:08
1477200	Sept 19 Line 2	2+000	2+100	2.0625	NB	17-09-22 10:08
1477201	Sept 19 Line 2	2+100	2+200	3.0591	NB	17-09-22 10:08
1477202	Sept 19 Line 2	2+200	2+300	2.3513	NB	17-09-22 10:08
1477203	Sept 19 Line 2	2+300	2+400	2.9022	NB	17-09-22 10:08
1477204	Sept 19 Line 2	2+400	2+500	2.1045	NB	17-09-22 10:08
1477205	Sept 19 Line 2	2+500	2+600	2.5814	NB	17-09-22 10:08
1477206	Sept 19 Line 2	2+600	2+700	6.4725	NB	17-09-22 10:08
1477207	Sept 19 Line 2	2+700	2+800	10.3202	EB	17-09-22 10:08
1477208	Sept 19 Line 2	2+800	2+900	2.0797	EB	17-09-22 10:08
1477209	Sept 19 Line 2	2+900	3+000	12.262	SB	17-09-22 10:08
1477210	Sept 19 Line 2	3+000	3+100	17.9612	SB	17-09-22 10:08
1477211	Sept 19 Line 2	3+100	3+200	3.3824	EB	17-09-22 10:08
1477212	Sept 19 Line 2	3+200	3+300	3.3063	NB	17-09-22 10:08
1477213	Sept 19 Line 2	3+300	3+400	1.8293	NB	17-09-22 10:08
1477214	Sept 19 Line 2	3+400	3+500	5.6058	NB	17-09-22 10:08
1477215	Sept 19 Line 2	3+500	3+600	2.9378	NB	17-09-22 10:08
1477216	Sept 19 Line 2	3+600	3+700	2.4372	NB	17-09-22 10:08
1477217	Sept 19 Line 2	3+700	3+800	2.2412	NB	17-09-22 10:08
1477218	Sept 19 Line 2	3+800	3+900	2.6276	NB	17-09-22 10:08
1477220	Sept 19 Line 2	4+000	4+100	2.016	NB	17-09-22 10:08
1477221	Sept 19 Line 2	4+100	4+200	1.8843	NB	17-09-22 10:08
1477222	Sept 19 Line 2	4+200	4+300	17.4825	NB	17-09-22 10:08

1477223	Sept 19 Line 2	4+300	4+400	4.2283	NB	17-09-22 10:08
1477224	Sept 19 Line 2	4+400	4+500	4.3672	NB	17-09-22 10:08
1477225	Sept 19 Line 2	4+500	4+600	3.4699	NB	17-09-22 10:08
1477228	Sept 19 Line 2	4+800	4+900	5.1171	WB	17-09-22 10:08
1477229	Sept 19 Line 2	4+900	5+000	2.9501	SB	17-09-22 10:08
1477230	Sept 19 Line 2	5+000	5+100	2.4751	WB	17-09-22 10:08
1477231	Sept 19 Line 2	5+100	5+200	2.7025	SB	17-09-22 10:08
1477232	Sept 19 Line 2	5+200	5+300	3.148	SB	17-09-22 10:08
1477233	Sept 19 Line 2	5+300	5+400	1.7907	SB	17-09-22 10:08
1477234	Sept 19 Line 2	5+400	5+500	6.1881	SB	17-09-22 10:08
1477235	Sept 19 Line 2	5+500	5+600	5.9271	WB	17-09-22 10:08
1477236	Sept 19 Line 2	5+600	5+700	3.0093	WB	17-09-22 10:08
1477237	Sept 19 Line 2	5+700	5+800	2.8084	WB	17-09-22 10:08
1477238	Sept 19 Line 2	5+800	5+900	3.5034	WB	17-09-22 10:08
1477239	Sept 19 Line 2	5+900	6+000	8.3127	NB	17-09-22 10:08
1477241	Sept 19 Line 2	6+100	6+200	4.4586	NB	17-09-22 10:08
1477242	Sept 19 Line 2	6+200	6+300	2.2325	NB	17-09-22 10:08
1477243	Sept 19 Line 2	6+300	6+400	3.1752	NB	17-09-22 10:08
1477244	Sept 19 Line 2	6+400	6+500	3.2418	NB	17-09-22 10:08
1477245	Sept 19 Line 2	6+500	6+600	3.5623	NB	17-09-22 10:08
1477246	Sept 19 Line 2	6+600	6+700	2.3841	NB	17-09-22 10:08
1477247	Sept 19 Line 2	6+700	6+800	2.6294	EB	17-09-22 10:08
1477248	Sept 19 Line 2	6+800	6+900	3.0115	NB	17-09-22 10:08
1477249	Sept 19 Line 2	6+900	7+000	1.8893	NB	17-09-22 10:08
1477250	Sept 19 Line 2	7+000	7+100	2.7373	NB	17-09-22 10:08
1477251	Sept 19 Line 2	7+100	7+200	3.8198	NB	17-09-22 10:08
1477252	Sept 19 Line 2	7+200	7+300	4.4038	WB	17-09-22 10:08
1477253	Sept 19 Line 2	7+300	7+400	2.1573	WB	17-09-22 10:08
1477254	Sept 19 Line 2	7+400	7+500	6.4671	WB	17-09-22 10:08
1477255	Sept 19 Line 2	7+500	7+600	10.2743	NB	17-09-22 10:08
1477256	Sept 19 Line 2	7+600	7+700	8.2064	NB	17-09-22 10:08
1477257	Sept 19 Line 2	7+700	7+800	15.3318	NB	17-09-22 10:08
1477258	Sept 19 Line 2	7+800	7+900	16.3276	NB	17-09-22 10:08
1477259	Sept 19 Line 2	7+900	8+000	19.6081	NB	17-09-22 10:08
1477260	Sept 19 Line 2	8+000	8+100	3.1521	NB	17-09-22 10:08
1477261	Sept 19 Line 2	8+100	8+200	2.5785	NB	17-09-22 10:08
1477262	Sept 19 Line 2	8+200	8+300	4.1931	NB	17-09-22 10:08
1477263	Sept 19 Line 2	8+300	8+400	1.6431	EB	17-09-22 10:08
1477264	Sept 19 Line 2	8+400	8+500	1.7395	EB	17-09-22 10:08
1477265	Sept 19 Line 2	8+500	8+600	1.882	EB	17-09-22 10:08
1477266	Sept 19 Line 2	8+600	8+700	5.7927	NB	17-09-22 10:08
1477267	Sept 19 Line 2	8+700	8+800	2.4788	NB	17-09-22 10:08
1477268	Sept 19 Line 2	8+800	8+900	2.7551	EB	17-09-22 10:08
1477269	Sept 19 Line 2	8+900	9+000	2.4101	EB	17-09-22 10:08
1477270	Sept 19 Line 2	9+000	9+100	1.3796	NB	17-09-22 10:08
1477271	Sept 19 Line 2	9+100	9+200	11.5517	NB	17-09-22 10:08
1477272	Sept 19 Line 2	9+200	9+300	7.7556	WB	17-09-22 10:08

1477273	Sept 19 Line 2	9+300	9+400	2.5094	WB	17-09-22 10:08
1477274	Sept 19 Line 2	9+400	9+500	2.0647	WB	17-09-22 10:08
1477275	Sept 19 Line 2	9+500	9+600	1.894	NB	17-09-22 10:08
1477276	Sept 19 Line 2	9+600	9+700	2.1196	EB	17-09-22 10:08
1477277	Sept 19 Line 2	9+700	9+800	4.974	EB	17-09-22 10:08
1477278	Sept 19 Line 2	9+800	9+900	7.4573	NB	17-09-22 10:08
1477279	Sept 19 Line 2	9+900	10+000	7.1598	NB	17-09-22 10:08
1477280	Sept 19 Line 2	10+000	10+100	5.2067	NB	17-09-22 10:08
1477281	Sept 19 Line 2	10+100	10+200	5.9859	NB	17-09-22 10:08
1477282	Sept 19 Line 2	10+200	10+300	1.8357	NB	17-09-22 10:08
1477283	Sept 19 Line 2	10+300	10+400	2.611	NB	17-09-22 10:08
1477284	Sept 19 Line 2	10+400	10+500	2.0929	NB	17-09-22 10:08
1477285	Sept 19 Line 2	10+500	10+600	4.2151	NB	17-09-22 10:08
1477286	Sept 19 Line 2	10+600	10+700	2.1441	NB	17-09-22 10:08
1477287	Sept 19 Line 2	10+700	10+800	1.7922	EB	17-09-22 10:08
1477288	Sept 19 Line 2	10+800	10+900	2.0004	EB	17-09-22 10:08
1477289	Sept 19 Line 2	10+900	11+000	1.5056	EB	17-09-22 10:08
1477290	Sept 19 Line 2	11+000	11+100	1.8911	EB	17-09-22 10:08
1477291	Sept 19 Line 2	11+100	11+200	5.68	EB	17-09-22 10:08
1477292	Sept 19 Line 2	11+200	11+300	20.2161	EB	17-09-22 10:08
1477293	Sept 19 Line 2	11+300	11+400	13.0279	NB	17-09-22 10:08
1477294	Sept 19 Line 2	11+400	11+500	2.2598	EB	17-09-22 10:08
1477295	Sept 19 Line 2	11+500	11+600	2.8903	NB	17-09-22 10:08
1477296	Sept 19 Line 2	11+600	11+700	2.2711	EB	17-09-22 10:08
1477297	Sept 19 Line 2	11+700	11+800	2.5307	NB	17-09-22 10:08
1477298	Sept 19 Line 2	11+800	11+900	1.8199	NB	17-09-22 10:08
1477299	Sept 19 Line 2	11+900	12+000	1.4603	NB	17-09-22 10:08
1477300	Sept 19 Line 2	12+000	12+100	1.7424	NB	17-09-22 10:08
1477301	Sept 19 Line 2	12+100	12+200	3.735	NB	17-09-22 10:08
1477302	Sept 19 Line 2	12+200	12+300	2.0851	NB	17-09-22 10:08
1477303	Sept 19 Line 2	12+300	12+400	2.4635	NB	17-09-22 10:08
1477304	Sept 19 Line 2	12+400	12+500	2.9415	NB	17-09-22 10:08
1477305	Sept 19 Line 2	12+500	12+600	2.8756	EB	17-09-22 10:08
1477306	Sept 19 Line 2	12+600	12+700	2.5008	EB	17-09-22 10:08
1477307	Sept 19 Line 2	12+700	12+800	2.2777	EB	17-09-22 10:08
1477308	Sept 19 Line 2	12+800	12+900	2.1836	EB	17-09-22 10:08
1477309	Sept 19 Line 2	12+900	13+000	4.1378	NB	17-09-22 10:08
1477310	Sept 19 Line 2	13+000	13+100	3.5287	WB	17-09-22 10:08
1477311	Sept 19 Line 2	13+100	13+200	2.5224	NB	17-09-22 10:08
1477312	Sept 19 Line 2	13+200	13+300	2.5354	WB	17-09-22 10:08
1477313	Sept 19 Line 2	13+300	13+400	2.7859	NB	17-09-22 10:08
1477314	Sept 19 Line 2	13+400	13+500	2.249	EB	17-09-22 10:08
1477315	Sept 19 Line 2	13+500	13+600	2.178	EB	17-09-22 10:08
1477316	Sept 19 Line 2	13+600	13+700	2.8362	EB	17-09-22 10:08
1477317	Sept 19 Line 2	13+700	13+800	1.9582	EB	17-09-22 10:08
1477318	Sept 19 Line 2	13+800	13+900	1.6941	NB	17-09-22 10:08
1477319	Sept 19 Line 2	13+900	14+000	2.6107	NB	17-09-22 10:08

1477320	Sept 19 Line 2	14+000	14+100	1.6347	EB	17-09-22 10:08
1477321	Sept 19 Line 2	14+100	14+200	2.5071	EB	17-09-22 10:08
1477322	Sept 19 Line 2	14+200	14+300	2.1287	EB	17-09-22 10:08
1477323	Sept 19 Line 2	14+300	14+400	2.1674	EB	17-09-22 10:08
1477324	Sept 19 Line 2	14+400	14+500	5.734	EB	17-09-22 10:08
1477325	Sept 19 Line 2	14+500	14+600	1.9944	NB	17-09-22 10:08
1477326	Sept 19 Line 2	14+600	14+700	1.6377	NB	17-09-22 10:08
1477327	Sept 19 Line 2	14+700	14+800	1.4395	NB	17-09-22 10:08
1477328	Sept 19 Line 2	14+800	14+900	1.8125	EB	17-09-22 10:08
1477329	Sept 19 Line 2	14+900	15+000	2.9401	EB	17-09-22 10:08
1477330	Sept 19 Line 2	15+000	15+100	12.5997	NB	17-09-22 10:08
1477331	Sept 19 Line 2	15+100	15+200	2.0648	WB	17-09-22 10:08
1477332	Sept 19 Line 2	15+200	15+300	2.2797	NB	17-09-22 10:08
1477333	Sept 19 Line 2	15+300	15+400	1.3507	WB	17-09-22 10:08
1477334	Sept 19 Line 2	15+400	15+500	2.4504	NB	17-09-22 10:08
1477335	Sept 19 Line 2	15+500	15+600	3.3427	WB	17-09-22 10:08
1477336	Sept 19 Line 2	15+600	15+700	1.9549	NB	17-09-22 10:08
1477337	Sept 19 Line 2	15+700	15+800	2.1686	NB	17-09-22 10:08
1477338	Sept 19 Line 2	15+800	15+900	2.5187	NB	17-09-22 10:08
1477339	Sept 19 Line 2	15+900	16+000	1.935	EB	17-09-22 10:08
1477340	Sept 19 Line 2	16+000	16+100	3.7315	NB	17-09-22 10:08
1477341	Sept 19 Line 2	16+100	16+200	2.4041	NB	17-09-22 10:08
1477342	Sept 19 Line 2	16+200	16+300	1.6266	NB	17-09-22 10:08
1477343	Sept 19 Line 2	16+300	16+400	2.2706	NB	17-09-22 10:08
1477344	Sept 19 Line 2	16+400	16+500	1.771	EB	17-09-22 10:08
1477345	Sept 19 Line 2	16+500	16+600	1.3323	EB	17-09-22 10:08
1477346	Sept 19 Line 2	16+600	16+700	2.3202	EB	17-09-22 10:08
1477347	Sept 19 Line 2	16+700	16+800	1.7027	EB	17-09-22 10:08
1477348	Sept 19 Line 2	16+800	16+900	1.629	EB	17-09-22 10:08
1477349	Sept 19 Line 2	16+900	17+000	2.9823	EB	17-09-22 10:08
1477350	Sept 19 Line 2	17+000	17+100	4.4005	EB	17-09-22 10:08
1477351	Sept 19 Line 2	17+100	17+200	9.4577	EB	17-09-22 10:08
1477352	Sept 19 Line 2	17+200	17+300	9.6041	NB	17-09-22 10:08
1477353	Sept 19 Line 2	17+300	17+400	3.9106	NB	17-09-22 10:08
1477354	Sept 19 Line 2	17+400	17+500	10.5952	NB	17-09-22 10:08
1477355	Sept 19 Line 2	17+500	17+600	14.7601	WB	17-09-22 10:08
1477356	Sept 19 Line 2	17+600	17+700	2.3831	NB	17-09-22 10:08
1477357	Sept 19 Line 2	17+700	17+800	1.731	NB	17-09-22 10:08
1477358	Sept 19 Line 2	17+800	17+900	4.4073	NB	17-09-22 10:08
1477359	Sept 19 Line 2	17+900	18+000	18.3981	NB	17-09-22 10:08
1477360	Sept 19 Line 2	18+000	18+100	3.5012	NB	17-09-22 10:08
1477361	Sept 19 Line 2	18+100	18+200	9.7832	NB	17-09-22 10:08
1477362	Sept 19 Line 2	18+200	18+300	7.6368	NB	17-09-22 10:08
1477363	Sept 19 Line 2	18+300	18+400	3.8879	NB	17-09-22 10:08
1477364	Sept 19 Line 2	18+400	18+500	3.7989	WB	17-09-22 10:08
1477365	Sept 19 Line 2	18+500	18+600	2.2074	NB	17-09-22 10:08
1477366	Sept 19 Line 2	18+600	18+700	1.6056	NB	17-09-22 10:08

1477367	Sept 19 Line 2	18+700	18+800	1.6827	NB	17-09-22 10:08
1477368	Sept 19 Line 2	18+800	18+900	2.1487	EB	17-09-22 10:08
1477369	Sept 19 Line 2	18+900	19+000	2.6275	NB	17-09-22 10:08
1477370	Sept 19 Line 2	19+000	19+100	1.7233	EB	17-09-22 10:08
1477371	Sept 19 Line 2	19+100	19+200	2.628	EB	17-09-22 10:08
1477372	Sept 19 Line 2	19+200	19+300	6.5589	EB	17-09-22 10:08
1477373	Sept 19 Line 2	19+300	19+400	2.2272	EB	17-09-22 10:08
1477374	Sept 19 Line 2	19+400	19+500	3.389	EB	17-09-22 10:08
1477375	Sept 19 Line 2	19+500	19+600	2.0702	EB	17-09-22 10:08
1477376	Sept 19 Line 2	19+600	19+700	2.2952	EB	17-09-22 10:08
1477377	Sept 19 Line 2	19+700	19+800	3.566	EB	17-09-22 10:08
1477378	Sept 19 Line 2	19+800	19+900	1.8921	EB	17-09-22 10:08
1477381	Sept 19 Line 2	20+100	20+200	1.832	EB	17-09-22 10:08
1477382	Sept 19 Line 2	20+200	20+300	4.2864	EB	17-09-22 10:08
1477383	Sept 19 Line 2	20+300	20+400	2.121	SB	17-09-22 10:08
1477384	Sept 19 Line 2	20+400	20+500	7.655	EB	17-09-22 10:08
1477385	Sept 19 Line 2	20+500	20+600	2.8574	EB	17-09-22 10:08
1477386	Sept 19 Line 2	20+600	20+700	1.4816	EB	17-09-22 10:08
1477388	Sept 19 Line 2	20+800	20+900	8.0802	EB	17-09-22 10:08
1477389	Sept 19 Line 2	20+900	21+000	2.746	NB	17-09-22 10:08
1477390	Sept 19 Line 2	21+000	21+100	2.1788	EB	17-09-22 10:08
1477391	Sept 19 Line 2	21+100	21+200	8.8608	NB	17-09-22 10:08
1477393	Sept 19 Line 2	21+300	21+400	20.6192	EB	17-09-22 10:08
1477395	Sept 19 Line 2	21+500	21+600	13.1842	NB	17-09-22 10:08
1477396	Sept 19 Line 2	21+600	21+700	3.5475	NB	17-09-22 10:08
1477397	Sept 19 Line 2	21+700	21+800	3.3346	EB	17-09-22 10:08
1477398	Sept 19 Line 2	21+800	21+900	4.0198	NB	17-09-22 10:08
1477401	Sept 19 Line 2	22+100	22+200	3.9295	NB	17-09-22 10:08
1477402	Sept 19 Line 2	22+200	22+300	2.7334	NB	17-09-22 10:08
1477403	Sept 19 Line 2	22+300	22+400	3.4116	NB	17-09-22 10:08
1477404	Sept 19 Line 2	22+400	22+500	2.8424	EB	17-09-22 10:08
1477405	Sept 19 Line 2	22+500	22+600	3.3286	EB	17-09-22 10:08
1477406	Sept 19 Line 2	22+600	22+700	2.8966	EB	17-09-22 10:08
1477407	Sept 19 Line 2	22+700	22+800	4.0615	NB	17-09-22 10:08
1477408	Sept 19 Line 2	22+800	22+900	2.7567	NB	17-09-22 10:08
1477411	Sept 19 Line 2	23+100	23+200	2.8658	SB	17-09-22 10:08
1477412	Sept 19 Line 2	23+200	23+300	3.5661	WB	17-09-22 10:08
1477414	Sept 19 Line 2	23+400	23+500	2.7758	WB	17-09-22 10:08
1477415	Sept 19 Line 2	23+500	23+600	3.1549	WB	17-09-22 10:08
1477416	Sept 19 Line 2	23+600	23+700	2.6548	SB	17-09-22 10:08
1477417	Sept 19 Line 2	23+700	23+800	2.601	SB	17-09-22 10:08
1477418	Sept 19 Line 2	23+800	23+900	1.8929	SB	17-09-22 10:08
1477419	Sept 19 Line 2	23+900	24+000	3.6823	SB	17-09-22 10:08
1477420	Sept 19 Line 2	24+000	24+100	2.7903	SB	17-09-22 10:08
1477421	Sept 19 Line 2	24+100	24+200	4.988	WB	17-09-22 10:08
1477424	Sept 19 Line 2	24+400	24+500	11.8364	SB	17-09-22 10:08
1477425	Sept 19 Line 2	24+500	24+600	16.1289	WB	17-09-22 10:08

1477426	Sept 19 Line 2	24+600	24+700	2.2552	WB	17-09-22 10:08
1477427	Sept 19 Line 2	24+700	24+800	2.3549	WB	17-09-22 10:08
1477428	Sept 19 Line 2	24+800	24+900	3.2318	WB	17-09-22 10:08
1477429	Sept 19 Line 2	24+900	25+000	2.0503	NB	17-09-22 10:08
1477430	Sept 19 Line 2	25+000	25+100	2.1524	NB	17-09-22 10:08
1477431	Sept 19 Line 2	25+100	25+200	2.166	NB	17-09-22 10:08
1477432	Sept 19 Line 2	25+200	25+300	2.7914	WB	17-09-22 10:08
1477433	Sept 19 Line 2	25+300	25+400	2.079	WB	17-09-22 10:08
1477434	Sept 19 Line 2	25+400	25+500	1.7228	NB	17-09-22 10:08
1477435	Sept 19 Line 2	25+500	25+600	2.8492	NB	17-09-22 10:08
1477436	Sept 19 Line 2	25+600	25+700	2.4571	WB	17-09-22 10:08
1477437	Sept 19 Line 2	25+700	25+800	2.2663	SB	17-09-22 10:08
1477438	Sept 19 Line 2	25+800	25+900	2.2962	WB	17-09-22 10:08
1477439	Sept 19 Line 2	25+900	26+000	4.8638	WB	17-09-22 10:08
1477441	Sept 19 Line 2	26+100	26+200	5.3972	EB	17-09-22 10:08
1477442	Sept 19 Line 2	26+200	26+300	5.0665	NB	17-09-22 10:08
1477443	Sept 19 Line 2	26+300	26+400	5.8191	EB	17-09-22 10:08
1477444	Sept 19 Line 2	26+400	26+500	3.2955	EB	17-09-22 10:08
1477445	Sept 19 Line 2	26+500	26+600	3.2106	EB	17-09-22 10:08
1477446	Sept 19 Line 2	26+600	26+700	3.9389	EB	17-09-22 10:08
1477447	Sept 19 Line 2	26+700	26+800	2.3828	EB	17-09-22 10:08
1477448	Sept 19 Line 2	26+800	26+900	3.5811	SB	17-09-22 10:08
1477449	Sept 19 Line 2	26+900	27+000	2.8317	EB	17-09-22 10:08
1477450	Sept 19 Line 2	27+000	27+100	5.5353	EB	17-09-22 10:08
1477451	Sept 19 Line 2	27+100	27+200	2.8101	NB	17-09-22 10:08
1477452	Sept 19 Line 2	27+200	27+300	2.9619	NB	17-09-22 10:08
1477453	Sept 19 Line 2	27+300	27+400	2.9522	NB	17-09-22 10:08
1477454	Sept 19 Line 2	27+400	27+500	9.8116	NB	17-09-22 10:08
1477455	Sept 19 Line 2	27+500	27+600	3.0183	NB	17-09-22 10:08
1477456	Sept 19 Line 2	27+600	27+700	3.3272	NB	17-09-22 10:08
1477457	Sept 19 Line 2	27+700	27+800	2.1519	NB	17-09-22 10:08
1477458	Sept 19 Line 2	27+800	27+900	5.6503	EB	17-09-22 10:08
1477459	Sept 19 Line 2	27+900	28+000	3.4244	NB	17-09-22 10:08
1477460	Sept 19 Line 2	28+000	28+100	5.626	NB	17-09-22 10:08
1477461	Sept 19 Line 2	28+100	28+200	2.3708	WB	17-09-22 10:08
1477462	Sept 19 Line 2	28+200	28+300	2.5861	NB	17-09-22 10:08
1477463	Sept 19 Line 2	28+300	28+400	1.7743	NB	17-09-22 10:08
1477464	Sept 19 Line 2	28+400	28+500	2.1318	EB	17-09-22 10:08
1477465	Sept 19 Line 2	28+500	28+600	15.7008	NB	17-09-22 10:08
1477466	Sept 19 Line 2	28+600	28+700	3.3483	WB	17-09-22 10:08
1477467	Sept 19 Line 2	28+700	28+800	1.7449	WB	17-09-22 10:08
1477468	Sept 19 Line 2	28+800	28+900	2.3784	WB	17-09-22 10:08
1477469	Sept 19 Line 2	28+900	29+000	3.0282	NB	17-09-22 10:08
1477470	Sept 19 Line 2	29+000	29+100	2.6179	NB	17-09-22 10:08
1477471	Sept 19 Line 2	29+100	29+200	2.6725	WB	17-09-22 10:08
1477472	Sept 19 Line 2	29+200	29+300	2.5255	WB	17-09-22 10:08
1477473	Sept 19 Line 2	29+300	29+400	2.624	WB	17-09-22 10:08

1477474	Sept 19 Line 2	29+400	29+500	2.3004	WB	17-09-22 10:08
1477475	Sept 19 Line 2	29+500	29+600	2.6662	WB	17-09-22 10:08
1477476	Sept 19 Line 2	29+600	29+700	2.7163	WB	17-09-22 10:08
1477477	Sept 19 Line 2	29+700	29+800	2.5196	NB	17-09-22 10:08
1477478	Sept 19 Line 2	29+800	29+900	2.6083	EB	17-09-22 10:08
1477479	Sept 19 Line 2	29+900	30+000	4.4725	NB	17-09-22 10:08

Tabla 16: parámetros obtenidos de los datos recolectados por el Total Pave

PARAMETROS	RESULTADOS IRI (m/Km)
MAXIMO	10.96
MINIMO	1.33
PROMEDIO	3.27
DESV. ESTANDAR	1.84

Fuente: elaboración propia

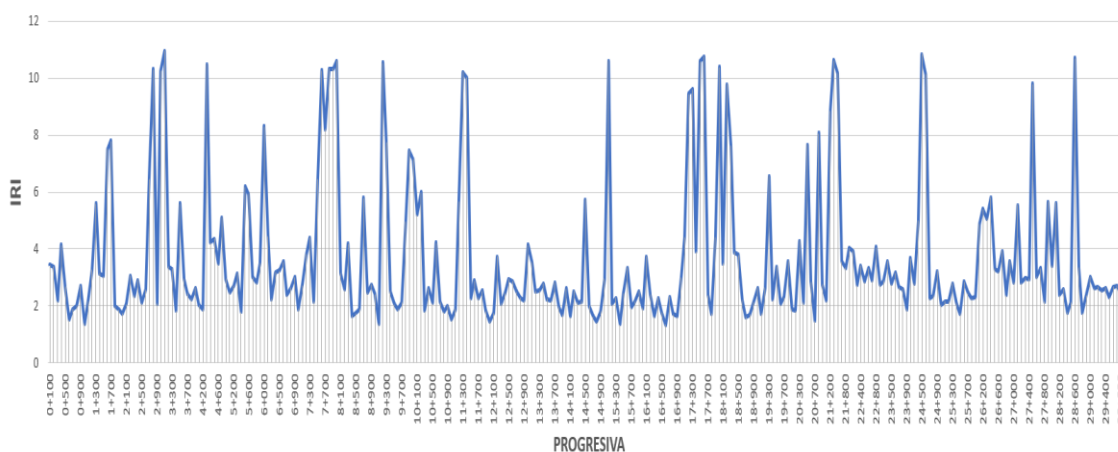


Figura 35: valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.

Fuente: elaboración propia

- **Valores IRI de la muestra 2**

Tabla 17: Valores obtenidos con el Total Pave muestra 2

TPID	Street Name	From	To	IRI	Estimated Direction	Date
1477180	Sept 19 Line 2	START	0+100	1.8707	SB	17-09-22 8:57
1477181	Sept 19 Line 2	0+100	0+200	1.6604	SB	17-09-22 8:57
1477182	Sept 19 Line 2	0+200	0+300	1.3672	SB	17-09-22 8:57
1477183	Sept 19 Line 2	0+300	0+400	2.3145	SB	17-09-22 8:57
1477184	Sept 19 Line 2	0+400	0+500	2.406	SB	17-09-22 8:57
1477185	Sept 19 Line 2	0+500	0+600	1.1945	SB	17-09-22 8:57

1477186	Sept 19 Line 2	0+600	0+700	1.3466	SB	17-09-22 8:57
1477187	Sept 19 Line 2	0+700	0+800	2.7856	SB	17-09-22 8:57
1477188	Sept 19 Line 2	0+800	0+900	3.1296	SB	17-09-22 8:57
1477189	Sept 19 Line 2	0+900	1+000	1.2789	SB	17-09-22 8:57
1477190	Sept 19 Line 2	1+000	1+100	2.6521	SB	17-09-22 8:57
1477191	Sept 19 Line 2	1+100	1+200	3.1384	SB	17-09-22 8:57
1477192	Sept 19 Line 2	1+200	1+300	4.0431	SB	17-09-22 8:57
1477193	Sept 19 Line 2	1+300	1+400	3.0299	SB	17-09-22 8:57
1477194	Sept 19 Line 2	1+400	1+500	3.0024	SB	17-09-22 8:57
1477195	Sept 19 Line 2	1+500	1+600	8.4925	EB	17-09-22 8:57
1477196	Sept 19 Line 2	1+600	1+700	5.1233	SB	17-09-22 8:57
1477197	Sept 19 Line 2	1+700	1+800	2.0976	SB	17-09-22 8:57
1477198	Sept 19 Line 2	1+800	1+900	2.5666	EB	17-09-22 8:57
1477199	Sept 19 Line 2	1+900	2+000	2.0715	EB	17-09-22 8:57
1477200	Sept 19 Line 2	2+000	2+100	3.0132	SB	17-09-22 8:57
1477201	Sept 19 Line 2	2+100	2+200	3.0887	SB	17-09-22 8:57
1477202	Sept 19 Line 2	2+200	2+300	2.5289	SB	17-09-22 8:57
1477203	Sept 19 Line 2	2+300	2+400	2.1556	SB	17-09-22 8:57
1477204	Sept 19 Line 2	2+400	2+500	2.1529	SB	17-09-22 8:57
1477205	Sept 19 Line 2	2+500	2+600	2.3895	SB	17-09-22 8:57
1477206	Sept 19 Line 2	2+600	2+700	8.4205	SB	17-09-22 8:57
1477207	Sept 19 Line 2	2+700	2+800	6.124	WB	17-09-22 8:57
1477208	Sept 19 Line 2	2+800	2+900	1.7322	WB	17-09-22 8:57
1477209	Sept 19 Line 2	2+900	3+000	11.677	NB	17-09-22 8:57
1477210	Sept 19 Line 2	3+000	3+100	12.2881	NB	17-09-22 8:57
1477211	Sept 19 Line 2	3+100	3+200	2.3607	WB	17-09-22 8:57
1477212	Sept 19 Line 2	3+200	3+300	3.1931	SB	17-09-22 8:57
1477213	Sept 19 Line 2	3+300	3+400	1.441	SB	17-09-22 8:57
1477214	Sept 19 Line 2	3+400	3+500	7.3427	SB	17-09-22 8:57
1477215	Sept 19 Line 2	3+500	3+600	1.926	SB	17-09-22 8:57
1477216	Sept 19 Line 2	3+600	3+700	2.3056	SB	17-09-22 8:57
1477217	Sept 19 Line 2	3+700	3+800	1.5342	SB	17-09-22 8:57
1477218	Sept 19 Line 2	3+800	3+900	1.7362	SB	17-09-22 8:57
1477219	Sept 19 Line 2	3+900	4+000	14.9225	SB	17-09-22 8:57
1477220	Sept 19 Line 2	4+000	4+100	1.9494	SB	17-09-22 8:57
1477221	Sept 19 Line 2	4+100	4+200	1.4576	SB	17-09-22 8:57
1477222	Sept 19 Line 2	4+200	4+300	13.0971	SB	17-09-22 8:57
1477223	Sept 19 Line 2	4+300	4+400	2.0258	SB	17-09-22 8:57
1477224	Sept 19 Line 2	4+400	4+500	3.9124	SB	17-09-22 8:57
1477225	Sept 19 Line 2	4+500	4+600	1.6839	SB	17-09-22 8:57
1477226	Sept 19 Line 2	4+600	4+700	2.4557	WB	17-09-22 8:57
1477227	Sept 19 Line 2	4+700	4+800	2.1282	SB	17-09-22 8:57
1477228	Sept 19 Line 2	4+800	4+900	3.7061	EB	17-09-22 8:57
1477229	Sept 19 Line 2	4+900	5+000	1.6989	NB	17-09-22 8:57
1477230	Sept 19 Line 2	5+000	5+100	2.1338	EB	17-09-22 8:57
1477231	Sept 19 Line 2	5+100	5+200	2.5038	NB	17-09-22 8:57
1477232	Sept 19 Line 2	5+200	5+300	1.7892	NB	17-09-22 8:57

1477233	Sept 19 Line 2	5+300	5+400	3.1887	NB	17-09-22 8:57
1477235	Sept 19 Line 2	5+500	5+600	9.0966	EB	17-09-22 8:57
1477236	Sept 19 Line 2	5+600	5+700	1.7205	EB	17-09-22 8:57
1477237	Sept 19 Line 2	5+700	5+800	2.1316	EB	17-09-22 8:57
1477238	Sept 19 Line 2	5+800	5+900	1.6408	EB	17-09-22 8:57
1477239	Sept 19 Line 2	5+900	6+000	7.2558	SB	17-09-22 8:57
1477240	Sept 19 Line 2	6+000	6+100	10.6558	SB	17-09-22 8:57
1477241	Sept 19 Line 2	6+100	6+200	2.0021	SB	17-09-22 8:57
1477242	Sept 19 Line 2	6+200	6+300	1.2474	SB	17-09-22 8:57
1477243	Sept 19 Line 2	6+300	6+400	1.2674	SB	17-09-22 8:57
1477244	Sept 19 Line 2	6+400	6+500	1.8711	SB	17-09-22 8:57
1477245	Sept 19 Line 2	6+500	6+600	1.4066	SB	17-09-22 8:57
1477246	Sept 19 Line 2	6+600	6+700	1.3856	SB	17-09-22 8:57
1477247	Sept 19 Line 2	6+700	6+800	1.3755	WB	17-09-22 8:57
1477248	Sept 19 Line 2	6+800	6+900	2.4561	SB	17-09-22 8:57
1477249	Sept 19 Line 2	6+900	7+000	1.6897	SB	17-09-22 8:57
1477250	Sept 19 Line 2	7+000	7+100	1.8218	SB	17-09-22 8:57
1477251	Sept 19 Line 2	7+100	7+200	8.2509	SB	17-09-22 8:57
1477252	Sept 19 Line 2	7+200	7+300	2.3884	EB	17-09-22 8:57
1477253	Sept 19 Line 2	7+300	7+400	2.1495	EB	17-09-22 8:57
1477260	Sept 19 Line 2	8+000	8+100	4.1507	SB	17-09-22 8:57
1477261	Sept 19 Line 2	8+100	8+200	1.959	SB	17-09-22 8:57
1477262	Sept 19 Line 2	8+200	8+300	2.2101	SB	17-09-22 8:57
1477263	Sept 19 Line 2	8+300	8+400	1.6745	WB	17-09-22 8:57
1477264	Sept 19 Line 2	8+400	8+500	1.6387	WB	17-09-22 8:57
1477265	Sept 19 Line 2	8+500	8+600	2.1387	WB	17-09-22 8:57
1477266	Sept 19 Line 2	8+600	8+700	4.755	SB	17-09-22 8:57
1477267	Sept 19 Line 2	8+700	8+800	1.8816	SB	17-09-22 8:57
1477268	Sept 19 Line 2	8+800	8+900	2.1109	WB	17-09-22 8:57
1477269	Sept 19 Line 2	8+900	9+000	3.3226	WB	17-09-22 8:57
1477270	Sept 19 Line 2	9+000	9+100	2.3943	SB	17-09-22 8:57
1477271	Sept 19 Line 2	9+100	9+200	8.9256	SB	17-09-22 8:57
1477272	Sept 19 Line 2	9+200	9+300	10.2285	EB	17-09-22 8:57
1477273	Sept 19 Line 2	9+300	9+400	3.4754	EB	17-09-22 8:57
1477274	Sept 19 Line 2	9+400	9+500	2.8447	EB	17-09-22 8:57
1477275	Sept 19 Line 2	9+500	9+600	2.6394	SB	17-09-22 8:57
1477276	Sept 19 Line 2	9+600	9+700	3.4778	WB	17-09-22 8:57
1477277	Sept 19 Line 2	9+700	9+800	2.8296	WB	17-09-22 8:57
1477278	Sept 19 Line 2	9+800	9+900	6.1802	SB	17-09-22 8:57
1477279	Sept 19 Line 2	9+900	10+000	5.2007	SB	17-09-22 8:57
1477280	Sept 19 Line 2	10+000	10+100	5.3283	SB	17-09-22 8:57
1477281	Sept 19 Line 2	10+100	10+200	4.9063	SB	17-09-22 8:57
1477282	Sept 19 Line 2	10+200	10+300	1.9172	SB	17-09-22 8:57
1477283	Sept 19 Line 2	10+300	10+400	2.4158	SB	17-09-22 8:57
1477284	Sept 19 Line 2	10+400	10+500	2.2165	SB	17-09-22 8:57
1477285	Sept 19 Line 2	10+500	10+600	7.9263	SB	17-09-22 8:57
1477286	Sept 19 Line 2	10+600	10+700	2.3452	SB	17-09-22 8:57

1477287	Sept 19 Line 2	10+700	10+800	1.6624	WB	17-09-22 8:57
1477288	Sept 19 Line 2	10+800	10+900	1.7135	WB	17-09-22 8:57
1477289	Sept 19 Line 2	10+900	11+000	1.5312	WB	17-09-22 8:57
1477290	Sept 19 Line 2	11+000	11+100	1.4589	WB	17-09-22 8:57
1477291	Sept 19 Line 2	11+100	11+200	4.6421	WB	17-09-22 8:57
1477292	Sept 19 Line 2	11+200	11+300	16.0382	WB	17-09-22 8:57
1477293	Sept 19 Line 2	11+300	11+400	3.3394	SB	17-09-22 8:57
1477294	Sept 19 Line 2	11+400	11+500	1.0137	WB	17-09-22 8:57
1477295	Sept 19 Line 2	11+500	11+600	2.5047	SB	17-09-22 8:57
1477296	Sept 19 Line 2	11+600	11+700	3.2903	WB	17-09-22 8:57
1477297	Sept 19 Line 2	11+700	11+800	1.6647	SB	17-09-22 8:57
1477298	Sept 19 Line 2	11+800	11+900	1.842	SB	17-09-22 8:57
1477299	Sept 19 Line 2	11+900	12+000	1.7617	SB	17-09-22 8:57
1477300	Sept 19 Line 2	12+000	12+100	1.7293	SB	17-09-22 8:57
1477301	Sept 19 Line 2	12+100	12+200	2.0432	SB	17-09-22 8:57
1477302	Sept 19 Line 2	12+200	12+300	1.9803	SB	17-09-22 8:57
1477303	Sept 19 Line 2	12+300	12+400	1.8692	SB	17-09-22 8:57
1477304	Sept 19 Line 2	12+400	12+500	2.6912	SB	17-09-22 8:57
1477305	Sept 19 Line 2	12+500	12+600	1.957	WB	17-09-22 8:57
1477306	Sept 19 Line 2	12+600	12+700	1.6855	WB	17-09-22 8:57
1477307	Sept 19 Line 2	12+700	12+800	1.8098	WB	17-09-22 8:57
1477308	Sept 19 Line 2	12+800	12+900	2.9669	WB	17-09-22 8:57
1477309	Sept 19 Line 2	12+900	13+000	1.7974	SB	17-09-22 8:57
1477310	Sept 19 Line 2	13+000	13+100	1.6806	EB	17-09-22 8:57
1477311	Sept 19 Line 2	13+100	13+200	1.6379	SB	17-09-22 8:57
1477312	Sept 19 Line 2	13+200	13+300	2.1115	EB	17-09-22 8:57
1477313	Sept 19 Line 2	13+300	13+400	2.2512	SB	17-09-22 8:57
1477314	Sept 19 Line 2	13+400	13+500	1.9198	WB	17-09-22 8:57
1477315	Sept 19 Line 2	13+500	13+600	0.96404	WB	17-09-22 8:57
1477316	Sept 19 Line 2	13+600	13+700	1.3434	WB	17-09-22 8:57
1477317	Sept 19 Line 2	13+700	13+800	2.1074	WB	17-09-22 8:57
1477318	Sept 19 Line 2	13+800	13+900	2.3625	SB	17-09-22 8:57
1477319	Sept 19 Line 2	13+900	14+000	2.2543	SB	17-09-22 8:57
1477320	Sept 19 Line 2	14+000	14+100	2.4088	WB	17-09-22 8:57
1477321	Sept 19 Line 2	14+100	14+200	1.8895	WB	17-09-22 8:57
1477322	Sept 19 Line 2	14+200	14+300	1.9829	WB	17-09-22 8:57
1477323	Sept 19 Line 2	14+300	14+400	1.386	WB	17-09-22 8:57
1477324	Sept 19 Line 2	14+400	14+500	3.6503	WB	17-09-22 8:57
1477325	Sept 19 Line 2	14+500	14+600	2.3962	SB	17-09-22 8:57
1477326	Sept 19 Line 2	14+600	14+700	1.6609	SB	17-09-22 8:57
1477327	Sept 19 Line 2	14+700	14+800	1.6934	SB	17-09-22 8:57
1477328	Sept 19 Line 2	14+800	14+900	2.0115	WB	17-09-22 8:57
1477329	Sept 19 Line 2	14+900	15+000	3.0759	WB	17-09-22 8:57
1477331	Sept 19 Line 2	15+100	15+200	1.3106	EB	17-09-22 8:57
1477332	Sept 19 Line 2	15+200	15+300	1.6027	SB	17-09-22 8:57
1477333	Sept 19 Line 2	15+300	15+400	1.5156	EB	17-09-22 8:57
1477334	Sept 19 Line 2	15+400	15+500	1.6245	SB	17-09-22 8:57

1477335	Sept 19 Line 2	15+500	15+600	2.0547	EB	17-09-22 8:57
1477336	Sept 19 Line 2	15+600	15+700	2.3718	SB	17-09-22 8:57
1477337	Sept 19 Line 2	15+700	15+800	1.5835	SB	17-09-22 8:57
1477338	Sept 19 Line 2	15+800	15+900	2.3012	SB	17-09-22 8:57
1477339	Sept 19 Line 2	15+900	16+000	2.0153	WB	17-09-22 8:57
1477340	Sept 19 Line 2	16+000	16+100	2.429	SB	17-09-22 8:57
1477341	Sept 19 Line 2	16+100	16+200	1.8037	SB	17-09-22 8:57
1477342	Sept 19 Line 2	16+200	16+300	1.2274	SB	17-09-22 8:57
1477343	Sept 19 Line 2	16+300	16+400	2.4267	SB	17-09-22 8:57
1477344	Sept 19 Line 2	16+400	16+500	2.2309	WB	17-09-22 8:57
1477345	Sept 19 Line 2	16+500	16+600	1.322	WB	17-09-22 8:57
1477346	Sept 19 Line 2	16+600	16+700	1.857	WB	17-09-22 8:57
1477347	Sept 19 Line 2	16+700	16+800	2.5268	WB	17-09-22 8:57
1477348	Sept 19 Line 2	16+800	16+900	1.3306	WB	17-09-22 8:57
1477349	Sept 19 Line 2	16+900	17+000	1.3738	WB	17-09-22 8:57
1477350	Sept 19 Line 2	17+000	17+100	3.0875	WB	17-09-22 8:57
1477351	Sept 19 Line 2	17+100	17+200	6.3008	WB	17-09-22 8:57
1477352	Sept 19 Line 2	17+200	17+300	10.2075	SB	17-09-22 8:57
1477353	Sept 19 Line 2	17+300	17+400	4.9331	SB	17-09-22 8:57
1477354	Sept 19 Line 2	17+400	17+500	9.3928	SB	17-09-22 8:57
1477355	Sept 19 Line 2	17+500	17+600	12.8837	EB	17-09-22 8:57
1477356	Sept 19 Line 2	17+600	17+700	2.5227	SB	17-09-22 8:57
1477357	Sept 19 Line 2	17+700	17+800	2.2215	SB	17-09-22 8:57
1477358	Sept 19 Line 2	17+800	17+900	2.9509	SB	17-09-22 8:57
1477360	Sept 19 Line 2	18+000	18+100	3.3616	SB	17-09-22 8:57
1477361	Sept 19 Line 2	18+100	18+200	9.1314	SB	17-09-22 8:57
1477362	Sept 19 Line 2	18+200	18+300	7.1287	SB	17-09-22 8:57
1477363	Sept 19 Line 2	18+300	18+400	5.2474	SB	17-09-22 8:57
1477364	Sept 19 Line 2	18+400	18+500	3.0743	EB	17-09-22 8:57
1477365	Sept 19 Line 2	18+500	18+600	2.7291	SB	17-09-22 8:57
1477366	Sept 19 Line 2	18+600	18+700	1.5927	SB	17-09-22 8:57
1477367	Sept 19 Line 2	18+700	18+800	3.009	SB	17-09-22 8:57
1477368	Sept 19 Line 2	18+800	18+900	2.6267	WB	17-09-22 8:57
1477369	Sept 19 Line 2	18+900	19+000	2.7667	SB	17-09-22 8:57
1477370	Sept 19 Line 2	19+000	19+100	2.1335	WB	17-09-22 8:57
1477371	Sept 19 Line 2	19+100	19+200	2.3209	WB	17-09-22 8:57
1477372	Sept 19 Line 2	19+200	19+300	6.2566	WB	17-09-22 8:57
1477373	Sept 19 Line 2	19+300	19+400	2.2744	WB	17-09-22 8:57
1477374	Sept 19 Line 2	19+400	19+500	2.5941	WB	17-09-22 8:57
1477375	Sept 19 Line 2	19+500	19+600	1.7436	WB	17-09-22 8:57
1477376	Sept 19 Line 2	19+600	19+700	2.419	WB	17-09-22 8:57
1477377	Sept 19 Line 2	19+700	19+800	2.3406	WB	17-09-22 8:57
1477378	Sept 19 Line 2	19+800	19+900	0.98426	WB	17-09-22 8:57
1477379	Sept 19 Line 2	19+900	20+000	5.372	WB	17-09-22 8:57
1477380	Sept 19 Line 2	20+000	20+100	1.7301	WB	17-09-22 8:57
1477381	Sept 19 Line 2	20+100	20+200	1.897	WB	17-09-22 8:57
1477382	Sept 19 Line 2	20+200	20+300	2.9471	WB	17-09-22 8:57

1477383	Sept 19 Line 2	20+300	20+400	2.0533	NB	17-09-22 8:57
1477384	Sept 19 Line 2	20+400	20+500	3.8814	WB	17-09-22 8:57
1477385	Sept 19 Line 2	20+500	20+600	2.5262	WB	17-09-22 8:57
1477386	Sept 19 Line 2	20+600	20+700	2.8608	WB	17-09-22 8:57
1477387	Sept 19 Line 2	20+700	20+800	2.834	WB	17-09-22 8:57
1477388	Sept 19 Line 2	20+800	20+900	4.0977	WB	17-09-22 8:57
1477389	Sept 19 Line 2	20+900	21+000	3.3178	SB	17-09-22 8:57
1477390	Sept 19 Line 2	21+000	21+100	5.4226	WB	17-09-22 8:57
1477391	Sept 19 Line 2	21+100	21+200	10.2168	SB	17-09-22 8:57
1477392	Sept 19 Line 2	21+200	21+300	28.354	SB	17-09-22 8:57
1477395	Sept 19 Line 2	21+500	21+600	13.7263	SB	17-09-22 8:57
1477396	Sept 19 Line 2	21+600	21+700	2.0006	SB	17-09-22 8:57
1477397	Sept 19 Line 2	21+700	21+800	3.2464	WB	17-09-22 8:57
1477398	Sept 19 Line 2	21+800	21+900	5.2267	SB	17-09-22 8:57
1477399	Sept 19 Line 2	21+900	22+000	6.6831	SB	17-09-22 8:57
1477400	Sept 19 Line 2	22+000	22+100	7.9274	SB	17-09-22 8:57
1477401	Sept 19 Line 2	22+100	22+200	4.2784	SB	17-09-22 8:57
1477402	Sept 19 Line 2	22+200	22+300	2.2488	SB	17-09-22 8:57
1477403	Sept 19 Line 2	22+300	22+400	6.5183	SB	17-09-22 8:57
1477404	Sept 19 Line 2	22+400	22+500	1.9281	WB	17-09-22 8:57
1477405	Sept 19 Line 2	22+500	22+600	2.5006	WB	17-09-22 8:57
1477406	Sept 19 Line 2	22+600	22+700	2.3439	WB	17-09-22 8:57
1477407	Sept 19 Line 2	22+700	22+800	3.5827	SB	17-09-22 8:57
1477408	Sept 19 Line 2	22+800	22+900	2.6346	SB	17-09-22 8:57
1477409	Sept 19 Line 2	22+900	23+000	21.553	SB	17-09-22 8:57
1477410	Sept 19 Line 2	23+000	23+100	23.1619	NB	17-09-22 8:57
1477411	Sept 19 Line 2	23+100	23+200	1.8003	NB	17-09-22 8:57
1477412	Sept 19 Line 2	23+200	23+300	4.398	EB	17-09-22 8:57
1477413	Sept 19 Line 2	23+300	23+400	5.3798	EB	17-09-22 8:57
1477414	Sept 19 Line 2	23+400	23+500	1.7543	EB	17-09-22 8:57
1477415	Sept 19 Line 2	23+500	23+600	3.0075	EB	17-09-22 8:57
1477416	Sept 19 Line 2	23+600	23+700	2.9524	NB	17-09-22 8:57
1477417	Sept 19 Line 2	23+700	23+800	2.4034	NB	17-09-22 8:57
1477418	Sept 19 Line 2	23+800	23+900	3.006	NB	17-09-22 8:57
1477419	Sept 19 Line 2	23+900	24+000	4.0229	NB	17-09-22 8:57
1477420	Sept 19 Line 2	24+000	24+100	3.7475	NB	17-09-22 8:57
1477421	Sept 19 Line 2	24+100	24+200	4.8979	EB	17-09-22 8:57
1477422	Sept 19 Line 2	24+200	24+300	11.0993	EB	17-09-22 8:57
1477423	Sept 19 Line 2	24+300	24+400	10.7168	EB	17-09-22 8:57
1477424	Sept 19 Line 2	24+400	24+500	11.114	NB	17-09-22 8:57
1477425	Sept 19 Line 2	24+500	24+600	17.846	EB	17-09-22 8:57
1477426	Sept 19 Line 2	24+600	24+700	2.58	EB	17-09-22 8:57
1477430	Sept 19 Line 2	25+000	25+100	6.114	SB	17-09-22 8:57
1477433	Sept 19 Line 2	25+300	25+400	8.9565	EB	17-09-22 8:57
1477436	Sept 19 Line 2	25+600	25+700	3.0831	EB	17-09-22 8:57
1477437	Sept 19 Line 2	25+700	25+800	3.3309	NB	17-09-22 8:57
1477438	Sept 19 Line 2	25+800	25+900	2.4794	EB	17-09-22 8:57

1477439	Sept 19 Line 2	25+900	26+000	6.3773	EB	17-09-22 8:57
1477440	Sept 19 Line 2	26+000	26+100	15.1957	WB	17-09-22 8:57
1477441	Sept 19 Line 2	26+100	26+200	3.6476	WB	17-09-22 8:57
1477442	Sept 19 Line 2	26+200	26+300	3.4346	SB	17-09-22 8:57
1477443	Sept 19 Line 2	26+300	26+400	3.808	WB	17-09-22 8:57
1477444	Sept 19 Line 2	26+400	26+500	1.3299	WB	17-09-22 8:57
1477445	Sept 19 Line 2	26+500	26+600	2.8366	WB	17-09-22 8:57
1477446	Sept 19 Line 2	26+600	26+700	3.491	WB	17-09-22 8:57
1477447	Sept 19 Line 2	26+700	26+800	2.4115	WB	17-09-22 8:57
1477448	Sept 19 Line 2	26+800	26+900	2.2339	NB	17-09-22 8:57
1477449	Sept 19 Line 2	26+900	27+000	2.5418	WB	17-09-22 8:57
1477450	Sept 19 Line 2	27+000	27+100	2.5786	WB	17-09-22 8:57
1477451	Sept 19 Line 2	27+100	27+200	2.6155	SB	17-09-22 8:57
1477453	Sept 19 Line 2	27+300	27+400	1.7234	SB	17-09-22 8:57
1477454	Sept 19 Line 2	27+400	27+500	8.3698	SB	17-09-22 8:57
1477455	Sept 19 Line 2	27+500	27+600	2.411	SB	17-09-22 8:57
1477456	Sept 19 Line 2	27+600	27+700	2.9262	SB	17-09-22 8:57
1477457	Sept 19 Line 2	27+700	27+800	3.2849	SB	17-09-22 8:57
1477458	Sept 19 Line 2	27+800	27+900	4.1453	WB	17-09-22 8:57
1477459	Sept 19 Line 2	27+900	28+000	3.9531	SB	17-09-22 8:57
1477460	Sept 19 Line 2	28+000	28+100	8.2527	SB	17-09-22 8:57
1477461	Sept 19 Line 2	28+100	28+200	2.3128	EB	17-09-22 8:57
1477462	Sept 19 Line 2	28+200	28+300	1.6394	SB	17-09-22 8:57
1477463	Sept 19 Line 2	28+300	28+400	1.6828	SB	17-09-22 8:57
1477464	Sept 19 Line 2	28+400	28+500	2.7144	WB	17-09-22 8:57
1477465	Sept 19 Line 2	28+500	28+600	18.0723	SB	17-09-22 8:57
1477466	Sept 19 Line 2	28+600	28+700	2.0145	EB	17-09-22 8:57
1477467	Sept 19 Line 2	28+700	28+800	1.4303	EB	17-09-22 8:57
1477468	Sept 19 Line 2	28+800	28+900	1.7123	EB	17-09-22 8:57
1477469	Sept 19 Line 2	28+900	29+000	2.4479	SB	17-09-22 8:57
1477470	Sept 19 Line 2	29+000	29+100	4.2847	SB	17-09-22 8:57
1477471	Sept 19 Line 2	29+100	29+200	2.0529	EB	17-09-22 8:57
1477472	Sept 19 Line 2	29+200	29+300	2.1289	EB	17-09-22 8:57
1477473	Sept 19 Line 2	29+300	29+400	1.619	EB	17-09-22 8:57
1477474	Sept 19 Line 2	29+400	29+500	1.9428	EB	17-09-22 8:57
1477475	Sept 19 Line 2	29+500	29+600	2.0272	EB	17-09-22 8:57
1477476	Sept 19 Line 2	29+600	29+700	1.6888	EB	17-09-22 8:57
1477477	Sept 19 Line 2	29+700	29+800	1.9194	SB	17-09-22 8:57
1477478	Sept 19 Line 2	29+800	29+900	2.0674	WB	17-09-22 8:57
1477479	Sept 19 Line 2	29+900	30+000	5.0338	SB	17-09-22 8:57

Tabla 18: parámetros obtenidos de los datos recolectados por el Total Pave muestra 2

PARAMETROS	RESULTADOS IRI (m/Km)
MAXIMO	12.29
MINIMO	0.96
PROMEDIO	3.23
DESV. ESTANDAR	2.29

Fuente: elaboración propia

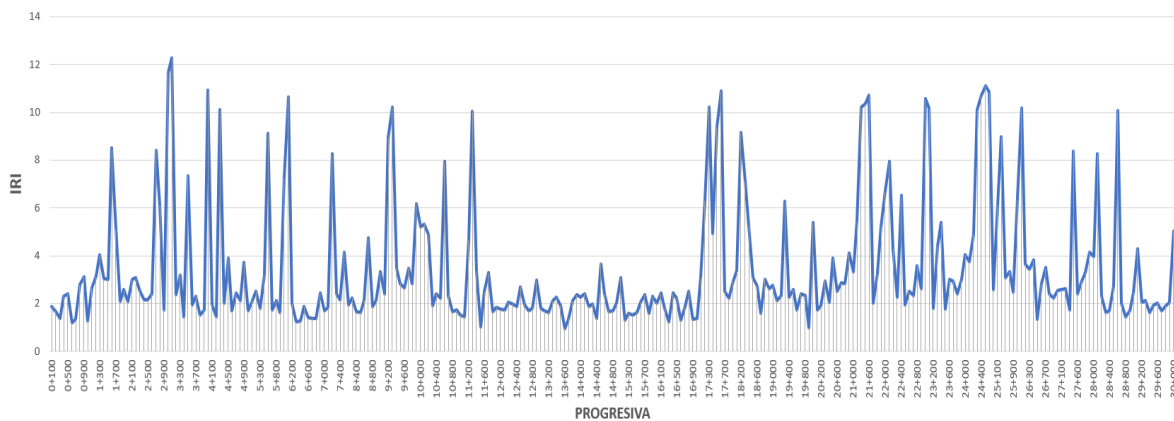


Figura 36: valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.

Fuente: elaboración propia

● **Valores IRI de la muestra 3**

Tabla 19: Valores obtenidos con el Total Pave muestra 3

TPID	Street Name	From	To	IRI	Date
1477180	Sept 19 Line 2	START	0+100	2.4212	17-09-22 5:59
1477181	Sept 19 Line 2	0+100	0+200	1.5561	17-09-22 5:59
1477182	Sept 19 Line 2	0+200	0+300	1.4752	17-09-22 5:59
1477183	Sept 19 Line 2	0+300	0+400	4.8337	17-09-22 5:59
1477184	Sept 19 Line 2	0+400	0+500	3.1024	17-09-22 5:59
1477185	Sept 19 Line 2	0+500	0+600	2.0227	17-09-22 5:59
1477186	Sept 19 Line 2	0+600	0+700	1.8787	17-09-22 5:59
1477187	Sept 19 Line 2	0+700	0+800	3.4302	17-09-22 5:59
1477188	Sept 19 Line 2	0+800	0+900	2.9177	17-09-22 5:59
1477189	Sept 19 Line 2	0+900	1+000	1.7453	17-09-22 5:59
1477190	Sept 19 Line 2	1+000	1+100	1.8962	17-09-22 5:59
1477191	Sept 19 Line 2	1+100	1+200	6.2152	17-09-22 5:59
1477192	Sept 19 Line 2	1+200	1+300	6.4127	17-09-22 5:59
1477193	Sept 19 Line 2	1+300	1+400	2.7136	17-09-22 5:59
1477194	Sept 19 Line 2	1+400	1+500	2.4204	17-09-22 5:59

1477195	Sept 19 Line 2	1+500	1+600	7.7248	17-09-22 5:59
1477196	Sept 19 Line 2	1+600	1+700	4.971	17-09-22 5:59
1477197	Sept 19 Line 2	1+700	1+800	2.6481	17-09-22 5:59
1477198	Sept 19 Line 2	1+800	1+900	1.8007	17-09-22 5:59
1477199	Sept 19 Line 2	1+900	2+000	2.7244	17-09-22 5:59
1477200	Sept 19 Line 2	2+000	2+100	2.9065	17-09-22 5:59
1477201	Sept 19 Line 2	2+100	2+200	2.3787	17-09-22 5:59
1477202	Sept 19 Line 2	2+200	2+300	2.1772	17-09-22 5:59
1477203	Sept 19 Line 2	2+300	2+400	2.9157	17-09-22 5:59
1477204	Sept 19 Line 2	2+400	2+500	1.9796	17-09-22 5:59
1477205	Sept 19 Line 2	2+500	2+600	2.8892	17-09-22 5:59
1477206	Sept 19 Line 2	2+600	2+700	10.5064	17-09-22 5:59
1477207	Sept 19 Line 2	2+700	2+800	8.1961	17-09-22 5:59
1477208	Sept 19 Line 2	2+800	2+900	1.8527	17-09-22 5:59
1477209	Sept 19 Line 2	2+900	3+000	14.7603	17-09-22 5:59
1477210	Sept 19 Line 2	3+000	3+100	13.0532	17-09-22 5:59
1477211	Sept 19 Line 2	3+100	3+200	2.4481	17-09-22 5:59
1477212	Sept 19 Line 2	3+200	3+300	3.6902	17-09-22 5:59
1477213	Sept 19 Line 2	3+300	3+400	2.17	17-09-22 5:59
1477214	Sept 19 Line 2	3+400	3+500	10.1417	17-09-22 5:59
1477215	Sept 19 Line 2	3+500	3+600	2.948	17-09-22 5:59
1477216	Sept 19 Line 2	3+600	3+700	2.2905	17-09-22 5:59
1477217	Sept 19 Line 2	3+700	3+800	3.3079	17-09-22 5:59
1477218	Sept 19 Line 2	3+800	3+900	1.7387	17-09-22 5:59
1477219	Sept 19 Line 2	3+900	4+000	13.927	17-09-22 5:59
1477220	Sept 19 Line 2	4+000	4+100	2.0907	17-09-22 5:59
1477221	Sept 19 Line 2	4+100	4+200	2.1738	17-09-22 5:59
1477222	Sept 19 Line 2	4+200	4+300	15.1787	17-09-22 5:59
1477223	Sept 19 Line 2	4+300	4+400	4.405	17-09-22 5:59
1477224	Sept 19 Line 2	4+400	4+500	4.7862	17-09-22 5:59
1477225	Sept 19 Line 2	4+500	4+600	5.2609	17-09-22 5:59
1477226	Sept 19 Line 2	4+600	4+700	5.3896	17-09-22 5:59
1477227	Sept 19 Line 2	4+700	4+800	3.4804	17-09-22 5:59
1477228	Sept 19 Line 2	4+800	4+900	5.5675	17-09-22 5:59
1477229	Sept 19 Line 2	4+900	5+000	4.0671	17-09-22 5:59
1477230	Sept 19 Line 2	5+000	5+100	3.2214	17-09-22 5:59
1477231	Sept 19 Line 2	5+100	5+200	3.1884	17-09-22 5:59
1477232	Sept 19 Line 2	5+200	5+300	2.5293	17-09-22 5:59
1477233	Sept 19 Line 2	5+300	5+400	2.8543	17-09-22 5:59
1477234	Sept 19 Line 2	5+400	5+500	7.2444	17-09-22 5:59
1477235	Sept 19 Line 2	5+500	5+600	15.7386	17-09-22 5:59
1477236	Sept 19 Line 2	5+600	5+700	2.4595	17-09-22 5:59
1477237	Sept 19 Line 2	5+700	5+800	2.9336	17-09-22 5:59
1477238	Sept 19 Line 2	5+800	5+900	2.3466	17-09-22 5:59
1477239	Sept 19 Line 2	5+900	6+000	9.3645	17-09-22 5:59
1477240	Sept 19 Line 2	6+000	6+100	12.4204	17-09-22 5:59
1477241	Sept 19 Line 2	6+100	6+200	2.9901	17-09-22 5:59

1477242	Sept 19 Line 2	6+200	6+300	1.5534	17-09-22 5:59
1477243	Sept 19 Line 2	6+300	6+400	1.8598	17-09-22 5:59
1477244	Sept 19 Line 2	6+400	6+500	2.1078	17-09-22 5:59
1477245	Sept 19 Line 2	6+500	6+600	2.0273	17-09-22 5:59
1477246	Sept 19 Line 2	6+600	6+700	1.7276	17-09-22 5:59
1477247	Sept 19 Line 2	6+700	6+800	2.2784	17-09-22 5:59
1477248	Sept 19 Line 2	6+800	6+900	2.1248	17-09-22 5:59
1477249	Sept 19 Line 2	6+900	7+000	1.8634	17-09-22 5:59
1477250	Sept 19 Line 2	7+000	7+100	2.2515	17-09-22 5:59
1477251	Sept 19 Line 2	7+100	7+200	6.8576	17-09-22 5:59
1477252	Sept 19 Line 2	7+200	7+300	4.6247	17-09-22 5:59
1477253	Sept 19 Line 2	7+300	7+400	4.2065	17-09-22 5:59
1477254	Sept 19 Line 2	7+400	7+500	8.0836	17-09-22 5:59
1477257	Sept 19 Line 2	7+700	7+800	11.8309	17-09-22 5:59
1477260	Sept 19 Line 2	8+000	8+100	5.4033	17-09-22 5:59
1477261	Sept 19 Line 2	8+100	8+200	2.3353	17-09-22 5:59
1477262	Sept 19 Line 2	8+200	8+300	3.2875	17-09-22 5:59
1477263	Sept 19 Line 2	8+300	8+400	2.4217	17-09-22 5:59
1477264	Sept 19 Line 2	8+400	8+500	2.6705	17-09-22 5:59
1477265	Sept 19 Line 2	8+500	8+600	2.7377	17-09-22 5:59
1477266	Sept 19 Line 2	8+600	8+700	7.2829	17-09-22 5:59
1477267	Sept 19 Line 2	8+700	8+800	2.4945	17-09-22 5:59
1477268	Sept 19 Line 2	8+800	8+900	2.7335	17-09-22 5:59
1477269	Sept 19 Line 2	8+900	9+000	3.7643	17-09-22 5:59
1477270	Sept 19 Line 2	9+000	9+100	1.9704	17-09-22 5:59
1477271	Sept 19 Line 2	9+100	9+200	15.1515	17-09-22 5:59
1477272	Sept 19 Line 2	9+200	9+300	8.1804	17-09-22 5:59
1477273	Sept 19 Line 2	9+300	9+400	2.9281	17-09-22 5:59
1477274	Sept 19 Line 2	9+400	9+500	2.9068	17-09-22 5:59
1477275	Sept 19 Line 2	9+500	9+600	2.9135	17-09-22 5:59
1477276	Sept 19 Line 2	9+600	9+700	3.5677	17-09-22 5:59
1477277	Sept 19 Line 2	9+700	9+800	6.4639	17-09-22 5:59
1477278	Sept 19 Line 2	9+800	9+900	9.0854	17-09-22 5:59
1477279	Sept 19 Line 2	9+900	10+000	6.499	17-09-22 5:59
1477280	Sept 19 Line 2	10+000	10+100	6.9862	17-09-22 5:59
1477281	Sept 19 Line 2	10+100	10+200	6.4042	17-09-22 5:59
1477282	Sept 19 Line 2	10+200	10+300	2.9294	17-09-22 5:59
1477283	Sept 19 Line 2	10+300	10+400	2.8888	17-09-22 5:59
1477284	Sept 19 Line 2	10+400	10+500	2.9296	17-09-22 5:59
1477285	Sept 19 Line 2	10+500	10+600	9.5948	17-09-22 5:59
1477286	Sept 19 Line 2	10+600	10+700	3.2331	17-09-22 5:59
1477287	Sept 19 Line 2	10+700	10+800	1.5482	17-09-22 5:59
1477288	Sept 19 Line 2	10+800	10+900	1.7394	17-09-22 5:59
1477289	Sept 19 Line 2	10+900	11+000	2.1295	17-09-22 5:59
1477290	Sept 19 Line 2	11+000	11+100	1.7843	17-09-22 5:59
1477291	Sept 19 Line 2	11+100	11+200	8.3396	17-09-22 5:59
1477292	Sept 19 Line 2	11+200	11+300	19.4338	17-09-22 5:59

1477293	Sept 19 Line 2	11+300	11+400	7.1559	17-09-22 5:59
1477294	Sept 19 Line 2	11+400	11+500	1.7583	17-09-22 5:59
1477295	Sept 19 Line 2	11+500	11+600	2.743	17-09-22 5:59
1477296	Sept 19 Line 2	11+600	11+700	4.0365	17-09-22 5:59
1477297	Sept 19 Line 2	11+700	11+800	2.4185	17-09-22 5:59
1477298	Sept 19 Line 2	11+800	11+900	2.0635	17-09-22 5:59
1477299	Sept 19 Line 2	11+900	12+000	2.4133	17-09-22 5:59
1477300	Sept 19 Line 2	12+000	12+100	1.8812	17-09-22 5:59
1477301	Sept 19 Line 2	12+100	12+200	2.685	17-09-22 5:59
1477302	Sept 19 Line 2	12+200	12+300	1.8893	17-09-22 5:59
1477303	Sept 19 Line 2	12+300	12+400	2.7735	17-09-22 5:59
1477304	Sept 19 Line 2	12+400	12+500	3.6272	17-09-22 5:59
1477305	Sept 19 Line 2	12+500	12+600	2.9478	17-09-22 5:59
1477306	Sept 19 Line 2	12+600	12+700	2.5238	17-09-22 5:59
1477307	Sept 19 Line 2	12+700	12+800	2.8418	17-09-22 5:59
1477308	Sept 19 Line 2	12+800	12+900	4.8286	17-09-22 5:59
1477309	Sept 19 Line 2	12+900	13+000	3.8944	17-09-22 5:59
1477310	Sept 19 Line 2	13+000	13+100	3.6022	17-09-22 5:59
1477311	Sept 19 Line 2	13+100	13+200	2.1965	17-09-22 5:59
1477312	Sept 19 Line 2	13+200	13+300	3.4292	17-09-22 5:59
1477313	Sept 19 Line 2	13+300	13+400	2.6458	17-09-22 5:59
1477314	Sept 19 Line 2	13+400	13+500	2.347	17-09-22 5:59
1477315	Sept 19 Line 2	13+500	13+600	2.5908	17-09-22 5:59
1477316	Sept 19 Line 2	13+600	13+700	3.9759	17-09-22 5:59
1477317	Sept 19 Line 2	13+700	13+800	3.2346	17-09-22 5:59
1477318	Sept 19 Line 2	13+800	13+900	2.8737	17-09-22 5:59
1477319	Sept 19 Line 2	13+900	14+000	2.9162	17-09-22 5:59
1477320	Sept 19 Line 2	14+000	14+100	2.6302	17-09-22 5:59
1477321	Sept 19 Line 2	14+100	14+200	2.1204	17-09-22 5:59
1477322	Sept 19 Line 2	14+200	14+300	2.0226	17-09-22 5:59
1477323	Sept 19 Line 2	14+300	14+400	2.1306	17-09-22 5:59
1477324	Sept 19 Line 2	14+400	14+500	6.8549	17-09-22 5:59
1477325	Sept 19 Line 2	14+500	14+600	2.5825	17-09-22 5:59
1477326	Sept 19 Line 2	14+600	14+700	2.1372	17-09-22 5:59
1477327	Sept 19 Line 2	14+700	14+800	2.7284	17-09-22 5:59
1477328	Sept 19 Line 2	14+800	14+900	2.406	17-09-22 5:59
1477329	Sept 19 Line 2	14+900	15+000	7.8484	17-09-22 5:59
1477330	Sept 19 Line 2	15+000	15+100	10.3748	17-09-22 5:59
1477331	Sept 19 Line 2	15+100	15+200	1.7107	17-09-22 5:59
1477332	Sept 19 Line 2	15+200	15+300	2.5788	17-09-22 5:59
1477333	Sept 19 Line 2	15+300	15+400	2.3203	17-09-22 5:59
1477334	Sept 19 Line 2	15+400	15+500	2.3008	17-09-22 5:59
1477335	Sept 19 Line 2	15+500	15+600	3.5134	17-09-22 5:59
1477336	Sept 19 Line 2	15+600	15+700	2.8784	17-09-22 5:59
1477337	Sept 19 Line 2	15+700	15+800	2.3289	17-09-22 5:59
1477338	Sept 19 Line 2	15+800	15+900	2.6255	17-09-22 5:59
1477339	Sept 19 Line 2	15+900	16+000	1.7478	17-09-22 5:59

1477340	Sept 19 Line 2	16+000	16+100	3.27	17-09-22 5:59
1477341	Sept 19 Line 2	16+100	16+200	3.1692	17-09-22 5:59
1477342	Sept 19 Line 2	16+200	16+300	2.9225	17-09-22 5:59
1477343	Sept 19 Line 2	16+300	16+400	2.4128	17-09-22 5:59
1477344	Sept 19 Line 2	16+400	16+500	4.2117	17-09-22 5:59
1477345	Sept 19 Line 2	16+500	16+600	3.041	17-09-22 5:59
1477346	Sept 19 Line 2	16+600	16+700	3.291	17-09-22 5:59
1477347	Sept 19 Line 2	16+700	16+800	2.5486	17-09-22 5:59
1477348	Sept 19 Line 2	16+800	16+900	3.4622	17-09-22 5:59
1477349	Sept 19 Line 2	16+900	17+000	3.1659	17-09-22 5:59
1477350	Sept 19 Line 2	17+000	17+100	5.4996	17-09-22 5:59
1477351	Sept 19 Line 2	17+100	17+200	10.1448	17-09-22 5:59
1477352	Sept 19 Line 2	17+200	17+300	14.6674	17-09-22 5:59
1477353	Sept 19 Line 2	17+300	17+400	9.3009	17-09-22 5:59
1477354	Sept 19 Line 2	17+400	17+500	16.5646	17-09-22 5:59
1477355	Sept 19 Line 2	17+500	17+600	11.9349	17-09-22 5:59
1477356	Sept 19 Line 2	17+600	17+700	2.9615	17-09-22 5:59
1477357	Sept 19 Line 2	17+700	17+800	2.4332	17-09-22 5:59
1477358	Sept 19 Line 2	17+800	17+900	4.2476	17-09-22 5:59
1477359	Sept 19 Line 2	17+900	18+000	15.6968	17-09-22 5:59
1477360	Sept 19 Line 2	18+000	18+100	4.5531	17-09-22 5:59
1477361	Sept 19 Line 2	18+100	18+200	8.2296	17-09-22 5:59
1477362	Sept 19 Line 2	18+200	18+300	8.4336	17-09-22 5:59
1477363	Sept 19 Line 2	18+300	18+400	7.9393	17-09-22 5:59
1477364	Sept 19 Line 2	18+400	18+500	4.7764	17-09-22 5:59
1477365	Sept 19 Line 2	18+500	18+600	2.0693	17-09-22 5:59
1477366	Sept 19 Line 2	18+600	18+700	2.3219	17-09-22 5:59
1477367	Sept 19 Line 2	18+700	18+800	2.1537	17-09-22 5:59
1477368	Sept 19 Line 2	18+800	18+900	3.9685	17-09-22 5:59
1477369	Sept 19 Line 2	18+900	19+000	3.0157	17-09-22 5:59
1477370	Sept 19 Line 2	19+000	19+100	2.6783	17-09-22 5:59
1477371	Sept 19 Line 2	19+100	19+200	2.0097	17-09-22 5:59
1477372	Sept 19 Line 2	19+200	19+300	4.7095	17-09-22 5:59
1477373	Sept 19 Line 2	19+300	19+400	2.4151	17-09-22 5:59
1477374	Sept 19 Line 2	19+400	19+500	2.7296	17-09-22 5:59
1477375	Sept 19 Line 2	19+500	19+600	3.2646	17-09-22 5:59
1477376	Sept 19 Line 2	19+600	19+700	4.2021	17-09-22 5:59
1477377	Sept 19 Line 2	19+700	19+800	2.2563	17-09-22 5:59
1477378	Sept 19 Line 2	19+800	19+900	1.8909	17-09-22 5:59
1477379	Sept 19 Line 2	19+900	20+000	4.8736	17-09-22 5:59
1477380	Sept 19 Line 2	20+000	20+100	2.1315	17-09-22 5:59
1477381	Sept 19 Line 2	20+100	20+200	2.8973	17-09-22 5:59
1477382	Sept 19 Line 2	20+200	20+300	8.0882	17-09-22 5:59
1477383	Sept 19 Line 2	20+300	20+400	2.8126	17-09-22 5:59
1477384	Sept 19 Line 2	20+400	20+500	6.7097	17-09-22 5:59
1477385	Sept 19 Line 2	20+500	20+600	4.7033	17-09-22 5:59
1477386	Sept 19 Line 2	20+600	20+700	6.0409	17-09-22 5:59

1477387	Sept 19 Line 2	20+700	20+800	7.0255	17-09-22 5:59
1477388	Sept 19 Line 2	20+800	20+900	8.52	17-09-22 5:59
1477389	Sept 19 Line 2	20+900	21+000	5.225	17-09-22 5:59
1477390	Sept 19 Line 2	21+000	21+100	7.9868	17-09-22 5:59
1477391	Sept 19 Line 2	21+100	21+200	15.8672	17-09-22 5:59
1477392	Sept 19 Line 2	21+200	21+300	38.1046	17-09-22 5:59
1477393	Sept 19 Line 2	21+300	21+400	22.5725	17-09-22 5:59
1477394	Sept 19 Line 2	21+400	21+500	30.0158	17-09-22 5:59
1477396	Sept 19 Line 2	21+600	21+700	4.4499	17-09-22 5:59
1477397	Sept 19 Line 2	21+700	21+800	5.9312	17-09-22 5:59
1477398	Sept 19 Line 2	21+800	21+900	5.4599	17-09-22 5:59
1477399	Sept 19 Line 2	21+900	22+000	7.4703	17-09-22 5:59
1477400	Sept 19 Line 2	22+000	22+100	9.7444	17-09-22 5:59
1477401	Sept 19 Line 2	22+100	22+200	4.6714	17-09-22 5:59
1477402	Sept 19 Line 2	22+200	22+300	2.9225	17-09-22 5:59
1477403	Sept 19 Line 2	22+300	22+400	7.7208	17-09-22 5:59
1477404	Sept 19 Line 2	22+400	22+500	3.303	17-09-22 5:59
1477405	Sept 19 Line 2	22+500	22+600	3.7789	17-09-22 5:59
1477406	Sept 19 Line 2	22+600	22+700	2.7291	17-09-22 5:59
1477407	Sept 19 Line 2	22+700	22+800	2.827	17-09-22 5:59
1477408	Sept 19 Line 2	22+800	22+900	8.421	17-09-22 5:59
1477411	Sept 19 Line 2	23+100	23+200	3.3941	17-09-22 5:59
1477412	Sept 19 Line 2	23+200	23+300	3.2254	17-09-22 5:59
1477413	Sept 19 Line 2	23+300	23+400	7.6983	17-09-22 5:59
1477414	Sept 19 Line 2	23+400	23+500	2.6315	17-09-22 5:59
1477415	Sept 19 Line 2	23+500	23+600	2.9337	17-09-22 5:59
1477416	Sept 19 Line 2	23+600	23+700	2.6354	17-09-22 5:59
1477417	Sept 19 Line 2	23+700	23+800	4.3734	17-09-22 5:59
1477418	Sept 19 Line 2	23+800	23+900	3.683	17-09-22 5:59
1477419	Sept 19 Line 2	23+900	24+000	3.844	17-09-22 5:59
1477420	Sept 19 Line 2	24+000	24+100	4.6982	17-09-22 5:59
1477421	Sept 19 Line 2	24+100	24+200	11.3791	17-09-22 5:59
1477422	Sept 19 Line 2	24+200	24+300	14.7061	17-09-22 5:59
1477423	Sept 19 Line 2	24+300	24+400	14.3321	17-09-22 5:59
1477424	Sept 19 Line 2	24+400	24+500	17.1377	17-09-22 5:59
1477425	Sept 19 Line 2	24+500	24+600	16.8937	17-09-22 5:59
1477426	Sept 19 Line 2	24+600	24+700	5.3611	17-09-22 5:59
1477427	Sept 19 Line 2	24+700	24+800	3.0038	17-09-22 5:59
1477428	Sept 19 Line 2	24+800	24+900	6.9693	17-09-22 5:59
1477429	Sept 19 Line 2	24+900	25+000	4.027	17-09-22 5:59
1477430	Sept 19 Line 2	25+000	25+100	3.7257	17-09-22 5:59
1477431	Sept 19 Line 2	25+100	25+200	2.7729	17-09-22 5:59
1477432	Sept 19 Line 2	25+200	25+300	3.5408	17-09-22 5:59
1477433	Sept 19 Line 2	25+300	25+400	2.9101	17-09-22 5:59
1477434	Sept 19 Line 2	25+400	25+500	3.5433	17-09-22 5:59
1477435	Sept 19 Line 2	25+500	25+600	2.8927	17-09-22 5:59
1477436	Sept 19 Line 2	25+600	25+700	3.2073	17-09-22 5:59

1477437	Sept 19 Line 2	25+700	25+800	3.6106	17-09-22 5:59
1477438	Sept 19 Line 2	25+800	25+900	3.3821	17-09-22 5:59
1477439	Sept 19 Line 2	25+900	26+000	9.1162	17-09-22 5:59
1477440	Sept 19 Line 2	26+000	26+100	13.3361	17-09-22 5:59
1477441	Sept 19 Line 2	26+100	26+200	7.4037	17-09-22 5:59
1477442	Sept 19 Line 2	26+200	26+300	6.2582	17-09-22 5:59
1477443	Sept 19 Line 2	26+300	26+400	4.0303	17-09-22 5:59
1477444	Sept 19 Line 2	26+400	26+500	1.7734	17-09-22 5:59
1477445	Sept 19 Line 2	26+500	26+600	2.6117	17-09-22 5:59
1477446	Sept 19 Line 2	26+600	26+700	4.0938	17-09-22 5:59
1477447	Sept 19 Line 2	26+700	26+800	2.549	17-09-22 5:59
1477448	Sept 19 Line 2	26+800	26+900	3.1991	17-09-22 5:59
1477449	Sept 19 Line 2	26+900	27+000	3.1338	17-09-22 5:59
1477450	Sept 19 Line 2	27+000	27+100	3.6687	17-09-22 5:59
1477451	Sept 19 Line 2	27+100	27+200	2.3853	17-09-22 5:59
1477452	Sept 19 Line 2	27+200	27+300	3.5624	17-09-22 5:59
1477453	Sept 19 Line 2	27+300	27+400	2.9773	17-09-22 5:59
1477454	Sept 19 Line 2	27+400	27+500	9.4988	17-09-22 5:59
1477455	Sept 19 Line 2	27+500	27+600	2.6566	17-09-22 5:59
1477456	Sept 19 Line 2	27+600	27+700	2.9929	17-09-22 5:59
1477457	Sept 19 Line 2	27+700	27+800	3.0261	17-09-22 5:59
1477458	Sept 19 Line 2	27+800	27+900	4.4729	17-09-22 5:59
1477459	Sept 19 Line 2	27+900	28+000	3.6503	17-09-22 5:59
1477460	Sept 19 Line 2	28+000	28+100	8.2691	17-09-22 5:59
1477461	Sept 19 Line 2	28+100	28+200	2.8339	17-09-22 5:59
1477462	Sept 19 Line 2	28+200	28+300	2.8995	17-09-22 5:59
1477463	Sept 19 Line 2	28+300	28+400	1.742	17-09-22 5:59
1477464	Sept 19 Line 2	28+400	28+500	2.6144	17-09-22 5:59
1477465	Sept 19 Line 2	28+500	28+600	16.6406	17-09-22 5:59
1477466	Sept 19 Line 2	28+600	28+700	2.7996	17-09-22 5:59
1477467	Sept 19 Line 2	28+700	28+800	2.2156	17-09-22 5:59
1477468	Sept 19 Line 2	28+800	28+900	2.3379	17-09-22 5:59
1477469	Sept 19 Line 2	28+900	29+000	2.3842	17-09-22 5:59
1477470	Sept 19 Line 2	29+000	29+100	6.3012	17-09-22 5:59
1477472	Sept 19 Line 2	29+200	29+300	3.296	17-09-22 5:53
1477473	Sept 19 Line 2	29+300	29+400	2.4728	17-09-22 5:53
1477474	Sept 19 Line 2	29+400	29+500	3.1186	17-09-22 5:53
1477475	Sept 19 Line 2	29+500	29+600	2.1258	17-09-22 5:53
1477476	Sept 19 Line 2	29+600	29+700	2.4239	17-09-22 5:53
1477477	Sept 19 Line 2	29+700	29+800	2.8346	17-09-22 5:53
1477478	Sept 19 Line 2	29+800	29+900	3.084	17-09-22 5:53
1477479	Sept 19 Line 2	29+900	30+000	3.2984	17-09-22 5:53

Tabla 20: parámetros obtenidos de los datos recolectados por el Total Pave muestra 3

PARAMETROS	RESULTADOS IRI (m/Km)
MAXIMO	12.76
MINIMO	1.48
PROMEDIO	4.08
DESV.ESTANDAR	2.49

Fuente: elaboración propia

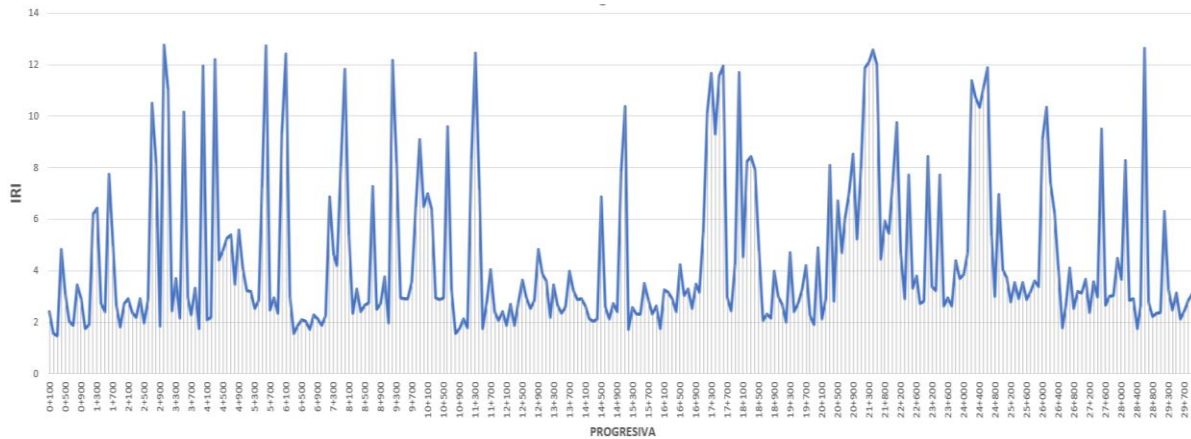


Figura 37: valores IRI obtenidas según las progresivas recorridas.

Fuente: elaboración propia

Luego de obtener el IRI promedio para cada muestra, se realizó una tabla 16 para promediar el resultado de las tres muestras.

Tabla 21: IRI promedio de las tres muestras

	IRI PROM. (m/Km)
MUESTRA 1	3.27
MUESTRA 2	3.23
MUESTRA 3	4.08
PROMEDIO	3.53

Fuente: elaboración propia

5.3. Comparación de resultados obtenidos entre el perfilómetro laser y los aplicativos móviles

Para poder comparar los resultados del perfilómetro laser y los aplicativos móviles, realizamos un promedio de los resultados de cada progresiva para que nos de un IRI cada 200 metros debido a que el perfilómetro laser lo teníamos cada 200 metros.

A continuación, presentamos la comparación que se dio entre los aplicativos móviles y el perfilómetro laser.

Tabla 22: comparación de resultados entre aplicativos móviles y perfilómetro laser

PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	IRI (PERFILOMETRO)	IRI (TOTAL PAVE)	IRI (ABAKAL)
30+00	30+200	1.47	2.39	2.51
30+200	30+400	1.45	2.72	2.00
30+400	30+600	1.48	2.15	2.96
30+600	30+800	2.38	2.22	2.00
30+800	31+000	4.39	3.19	4.30
31+000	31+200	2.41	3.22	2.78
31+200	31+400	1.71	2.16	2.46
31+400	31+600	2.12	2.37	2.90
31+600	31+800	1.50	2.10	2.71
31+800	32+000	2.05	2.13	3.31
32+000	32+200	2.67	2.75	3.12
32+200	32+400	1.80	2.51	2.07
32+400	32+600	3.84	2.35	3.45
32+600	32+800	2.36	2.34	2.17
32+800	33+000	1.83	2.73	2.93
33+000	33+200	1.47	2.08	2.82
33+200	33+400	1.80	2.60	2.75
33+400	33+600	2.04	2.15	2.22
33+600	33+800	1.80	2.35	2.26
33+800	34+000	3.57	3.16	4.60
34+000	34+200	1.52	2.34	2.99
34+200	34+400	6.70	6.22	5.90
34+400	34+600	1.53	2.04	2.66
34+600	34+800	1.86	2.15	2.86
34+800	35+000	7.06	7.48	7.25
35+000	35+200	4.31	3.17	4.13
35+200	35+400	4.39	3.22	5.63
35+400	35+600	1.99	2.19	2.04
35+600	35+800	1.48	2.66	2.75
35+800	36+000	1.29	2.84	2.91
36+000	36+200	1.67	2.24	2.04
36+200	36+400	1.95	1.93	2.04

36+400	36+600	3.17	1.97	3.14
36+600	36+800	2.23	2.40	4.37
36+800	37+000	1.97	2.34	4.31
37+000	37+200	1.87	2.08	3.84
37+200	37+400	1.75	2.61	2.04
37+400	37+600	1.87	2.50	3.02
37+600	37+800	4.27	4.80	4.84
37+800	38+000	1.70	2.07	2.55
38+000	38+200	1.28	2.17	2.19
38+200	38+400	1.31	2.96	2.15
38+400	38+600	1.90	2.14	2.68
38+600	38+800	1.50	2.40	1.85
38+800	39+000	1.59	2.58	2.78
39+000	39+200	1.93	2.13	2.33
39+200	39+400	1.24	2.61	2.52
39+400	39+600	1.83	2.17	3.29
39+600	39+800	2.91	4.87	3.98
39+800	40+000	1.95	3.42	2.22
40+000	40+200	2.08	3.70	3.07
40+200	40+400	2.79	1.95	3.64
40+400	40+600	1.42	2.68	3.60
40+600	40+800	2.11	3.67	4.41
40+800	41+000	1.96	2.60	2.51
41+000	41+200	2.11	2.19	3.64
41+200	41+400	4.91	3.46	4.72
41+400	41+600	1.97	1.96	3.19
41+600	41+800	1.73	2.43	4.68
41+800	42+000	2.11	2.14	3.75
42+000	42+200	1.86	2.86	2.71
42+200	42+400	1.77	2.27	3.15
42+400	42+600	1.59	3.13	3.19
42+600	42+800	1.48	2.67	2.44
42+800	43+000	1.70	2.28	2.33
43+000	43+200	1.57	2.31	1.92
43+200	43+400	1.53	2.78	3.67
43+400	43+600	2.14	2.33	3.81
43+600	43+800	1.69	2.32	2.46
43+800	44+000	1.46	2.08	4.09
44+000	44+200	1.88	3.48	2.55
44+200	44+400	1.71	2.05	3.74
44+400	44+600	1.40	2.02	3.90
44+600	44+800	1.93	2.74	2.89
44+800	45+000	2.66	2.08	4.23
45+000	45+200	1.86	2.65	2.97
45+200	45+400	1.53	2.26	1.79
45+400	45+600	1.81	2.08	2.20
45+600	45+800	1.57	2.69	1.16

45+800	46+000	4.24	4.27	2.37
46+000	46+200	3.38	2.18	3.12
46+200	46+400	6.40	6.21	6.23
46+400	46+600	6.19	6.40	6.65
46+600	46+800	6.00	6.30	6.07
46+800	47+000	2.39	2.54	4.21
47+000	47+200	1.64	3.53	2.93
47+200	47+400	1.63	2.29	1.76
47+400	47+600	1.78	2.51	3.91
47+600	47+800	1.76	2.06	2.70
47+800	48+000	5.42	5.59	5.06
48+000	48+200	2.72	2.96	4.76
48+200	48+400	1.75	2.72	2.06
48+400	48+600	4.23	2.77	4.55
48+600	48+800	5.15	5.20	4.10
48+800	49+000	3.96	3.21	4.35
49+000	49+200	1.87	2.09	3.63
49+200	49+400	1.97	2.86	4.05
49+400	49+600	1.99	2.74	4.84
49+600	49+800	1.70	2.80	4.26
49+800	50+000	1.79	2.72	4.47
50+000	50+200	1.61	2.95	4.07
50+200	50+400	1.85	2.43	4.16
50+400	50+600	2.15	2.66	3.58
50+600	50+800	1.45	2.01	3.32
50+800	51+000	1.77	2.77	2.64
51+000	51+200	1.89	2.94	1.95
51+200	51+400	1.94	2.35	2.22
51+400	51+600	1.89	2.71	2.89
51+600	51+800	2.17	3.44	2.14
51+800	52+000	2.04	2.36	2.80
52+000	52+200	1.61	3.11	2.91
52+200	52+400	1.87	3.94	2.91
52+400	52+600	1.71	3.03	2.47
52+600	52+800	1.49	3.92	2.39
52+800	53+000	2.02	2.72	3.16
53+000	53+200	2.26	4.61	1.61
53+200	53+400	1.86	2.94	2.93
53+400	53+600	1.83	2.64	3.12
53+600	53+800	1.71	2.90	2.29
53+800	54+000	1.54	1.71	2.60
54+000	54+200	1.76	1.93	2.10
54+200	54+400	1.95	1.79	2.14
54+400	54+600	2.10	3.00	3.20
54+600	54+800	1.93	3.29	2.61
54+800	55+000	1.89	3.19	2.02
55+000	55+200	1.66	2.96	2.44

55+200	55+400	1.71	2.50	2.82
55+400	55+600	1.67	2.92	2.65
55+600	55+800	1.53	2.98	2.24
55+800	56+000	4.43	3.41	3.90
56+000	56+200	2.12	3.29	2.23
56+200	56+400	1.92	3.30	3.53
56+400	56+600	1.94	2.55	2.88
56+600	56+800	3.88	4.74	2.75
56+800	57+000	4.04	3.81	3.92
57+000	57+200	4.74	4.06	3.87
57+200	57+400	2.52	3.62	4.83
57+400	57+600	1.59	2.42	3.41
57+600	57+800	1.82	2.17	3.92
57+800	58+000	2.33	4.13	4.12
58+000	58+200	3.98	2.86	4.19
58+200	58+400	1.92	2.99	3.45
58+400	58+600	2.00	1.79	4.57
58+600	58+800	2.31	3.12	3.86
58+800	59+000	1.89	2.56	4.75
59+000	59+200	2.16	1.89	5.08
59+200	59+400	3.58	2.76	4.59
59+400	59+600	1.97	2.73	4.27
59+600	59+800	2.79	2.53	2.95
59+800	60+000	1.95	2.16	3.24

Fuente: elaboración propia

Luego de hacer la comparación entre los resultados presentados, pasamos a hacer el análisis para comprobar el tipo de correlación de dichos aplicativos móviles en comparación con el perfilómetro laser, para esto hacemos uso de datos estadísticos como la covariancia y la desviación estándar de cada grupo de resultados.

Tabla 23: Desviación estándar de los aplicativos y el perfilómetro

Desviación Estándar (Perfilómetro)	Desviación Estándar (Total Pave)	Desviación Estándar (Abakal)
1.17	0.98	1.07

Fuente: elaboración propia

Tabla 24: Covariancia hallada para correlación

Covariancia (Perfilómetro - Total Pave)	Covariancia (Perfilómetro - Abakal)
0.86	0.84

Fuente: elaboración propia

Se utilizará la siguiente fórmula para hallar el grado de correlación.

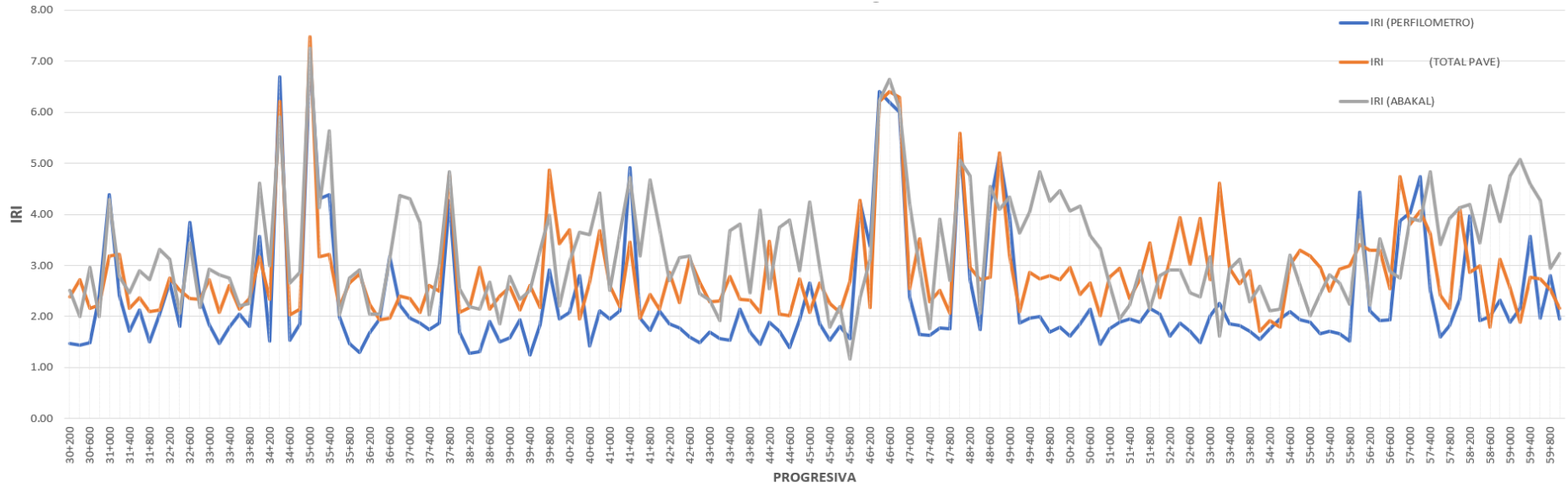
$$r = \text{Covarianza} / (\text{Desvestan } x * \text{Desvestan } y)$$

Tabla 25: correlación encontrada entre el perfilómetro y los aplicativos

Correlación (Perfilómetro - Total Pave)	Correlación (Perfilómetro - Abakal)
75.52%	67.35%

Fuente: elaboración propia

Figura 38: valores IRI obtenidos según las progresivas recorridas.



Fuente: elaboración propia

5.4. Contrastación de la hipótesis

5.4.1. Hipótesis específica 1

Hipótesis Alterna 1 (Hi1): Con los valores del IRI calculados utilizando el aplicativo móvil Abakal, se establece el nivel de servicio de la superficie de rodadura.

Hipótesis Nula 1 (Ho1): Con los valores del IRI calculados utilizando el aplicativo móvil Abakal, no se puede establecer el nivel de servicio de la superficie de rodadura.

Una vez iniciado el estudio y el análisis con el aplicativo Abakal en la carretera PE 18A, se procedió a descargar la data obtenida por el aplicativo, los resultados obtenidos fueron analizados, se encontró un IRI promedio de 3.72 m/Km lo que nos indica un nivel de servicio de la superficie de rodadura “mala”, este resultado coincide con lo visto en el estudio de la carretera.

Por lo tanto, Hi1 es válido.

5.4.2. Hipótesis específica 2

Hipótesis Alterna 2 (Hi2): Con los valores del IRI calculados utilizando el aplicativo móvil Total Pave, se establece el nivel de servicio de la superficie de rodadura.

Hipótesis Nula 2 (Ho2): Con los valores del IRI calculados utilizando el aplicativo móvil Total Pave, no se puede establecer el nivel de servicio de la superficie de rodadura.

Una vez iniciado el estudio y el análisis con el aplicativo Total Pave en la carretera PE 18A, se procedió a descargar la data obtenida por el aplicativo, los resultados obtenidos fueron analizados, se encontró un IRI promedio de 3.53 m/Km lo que nos indica un nivel de servicio de la superficie de rodadura “mala”, este resultado coincide con lo visto en el estudio de la carretera.

Por lo tanto, Hi2 es válido.

5.4.3. Hipótesis específica 3

Hipótesis Alterna 3 (Hi3): Con los valores del IRI calculados utilizando los aplicativos móviles, se establece el grado de confiabilidad de cada uno de

los aplicativos.

Hipótesis Nula 3 (Ho3): Con los valores del IRI calculados utilizando los aplicativos móviles, no se pudo establecer el grado de confiabilidad de cada uno de los aplicativos.

Al realizarse el estudio con los aplicativos móviles, se pudo establecer el grado de confiabilidad del 83% para el Total Pave y del 81% para el Abakal. Por lo tanto, Hi3 es válido.

CONCLUSIONES

1. Se determinó el nivel de servicio de la superficie de rodadura de la carretera PE 18A mediante el índice de regularidad internacional obtenido por el aplicativo móvil Total Pave, donde la superficie de rodadura se encuentra en una condición “mala”, con un IRI promedio de 3.53 m/km según los valores reflejados en la figura 10; evidenciándose el mal estado de la carretera a la presencia de los baches y rompimiento parcial de algunos tramos de la carretera.
2. Se determinó el nivel de servicio de la superficie de rodadura de la carretera PE 18A mediante el índice de regularidad internacional con el aplicativo móvil Abakal, donde la superficie de rodadura se encuentra en una condición “mala”, con un IRI promedio de 3.62 m/km según los valores reflejados en la figura 10; evidenciándose el mal estado de la carretera a la presencia de los baches y rompimiento parcial de algunos tramos de la carretera.
3. En el análisis de la correlación se obtuvo que el aplicativo Total Pave tiene un porcentaje de confiabilidad del 75.52%, mientras que en el caso del aplicativo Abakal un 67.35% de confiabilidad. Teniendo en cuenta los grados de confiabilidad frente a un equipo de clase 1, se puede concluir que el aplicativo TotalPave es la herramienta de evaluación con mayor confiabilidad para este tipo de estudios, para viabilidad de obras y mantenimientos. Esto representa un paso importante para la inclusión de este tipo de aplicativos móviles como equipos de medición de IRI, en los controles de calidad de las carreteras.

RECOMENDACIONES

1. Para el estudio que se realizó, se recomienda tomar tramos pequeños de 1 a 3 km, debido a que la carretera es sinuosa, presenta rompe muelles y obras de arte; asimismo, el alto volumen vehicular, imposibilita que en un tramo largo la velocidad pueda mantenerse constante, generando imprecisiones en la obtención de resultados. Sin embargo, al analizar tramos más pequeños se debería obtener una data más precisa, por la misma facilidad en el análisis.
2. Se recomienda hacer el estudio del tráfico antes comenzar con la investigación, de esta manera se asegura la velocidad constante del automóvil para poder hacer la toma de datos más precisos. Además, al saber la demanda de vehículos por hora, se puede tomar la mejor decisión para programar el estudio y no encontrar ciertas limitaciones.
3. Es necesario conocer a detalle el funcionamiento de los aplicativos móviles, por lo que se recomienda identificar todas las herramientas y la interface de estos, a fin de poder calibrar y programar el equipo utilizado en el trabajo de campo.
4. Se recomienda realizar tres tomas de datos con cada aplicativo móvil, a fin de obtener una data más amplia en cuanto a cada tramo, esto dará mayor confiabilidad al estudio y dentro del análisis surge la posibilidad de destinar algunos datos según como se haya identificado su situación en el análisis previo del tramo de la carretera que se desea estudiar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Whashington DC.
- Almenara, I. (2015). “*Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima*” - Pontificia Universidad Católica del Perú – Perú.
- Arteaga, V. (2019). “*Análisis de la Variación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en función de variables constructivas y geométricas en vías menores*” - Universidad Ricardo Palma – Perú.
- Badilla, G. (2009). *Determinación de la regularidad superficial del pavimento mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*. (E. L. Estructurales, Ed.) *Publicación N° 21 Infraestructura Vial*, 30.
- Badilla, Vargas, G., Elizondo Arrieta, F., & Barrantes Jiménez, R. (2008). “*Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI*”. Universidad de Costa Rica, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, San José - Costa Rica.
- Carey, W., & IRick, P. (1960). *The Pavement Serviceability Performance Concept*. *Highway Research Board. Record 250*.
- Caro, F., & Peña, G. (enero - junio de 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*, 7(1), 57 - 72.
- Del Águila, P. (1999). “*Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3,000 km. de pavimentos en el Perú y otros países*”, Perú.
- Instituto Mexicano del Transporte. (1998). “*Índice Internacional de Rugosidad en la Red de Carreteras de México*”. Publicación Técnica No.108. Sanfandila, Qro.

- LASER, ICC & KJ LAW, KJ. (1988) *“The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles”*, University of Michigan.U.S.A.
- Lozano, J. (2021). *“Evaluación de la rugosidad en el pavimento utilizando teléfonos inteligentes para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Antúnez de Mayolo, distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna-2021”* - Universidad Privada de Tacna –Perú.
- Martinez, S. &. (2012). *Análisis de la problemática actual para el cumplimiento de la regularidad superficial en proyectos viales*. L'esprit Ingenieux.
- Menéndez, José Rafael (2003). *“Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico”*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - *Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su Sección Suelos y Pavimentos* (2013).
- Moyano, M. (2020). *“Procedimiento para determinar el índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura”* - Universidad de Piura – Perú.
- Pavia Sytems. (16 de Agosto de 2007). Pavement Interactive. Obtenido de <http://www.pavementinteractive.org/article/roughness/>
- Ramírez, B (2017). *“Cálculo del IRI mediante acelerómetro de Smartphone en el tramo Huarmey – Casma de la carretera Panamericana Norte”* - Pontificia Universidad Católica del Perú – Perú.
- Sánchez, I., & De Solminihac, H. (Enero - Junio de 1989). El IRI: Un indicador de la regularidad superficial. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 1- 16.
- Sayers, M. &. (1986). *Rugosidad vial internacional. Documento técnico del banco mundial N°45*. EEUU.

- Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. (1998). *The Little Book of Profiling*. University of Michigan Transportation Research Institute.
- Sayers, M., Gillespie, T., & Queiroz, C. (January de 1986). International Experiment to Establish Correlations and Standard Calibration Methods for Road Roughness Measurements. *World Bank Technical paper N° 45*.
- Sayers. (1995, January). *On the Calculation of IRI from Longitudinal Road Profile*. Washington D.C.: The University of Michigan Transportation Research Institute. Transportation Research Board.
- Solminihaç, H. d. (2001). *Gestión de Infraestructura Vial. Santiago de Chile, Chile*: Universidad Católica de Chile.
- VENTURA J., ALVARENGA E. (2005) “*Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI.)*”, San Salvador, El Salvador.
- Yogesh U. Shah, S. S. (2013). Modeling the Pavement Serviceability Index For Urban Roads. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 66 - 72.
- Zeballos, G. (2021). “*Aplicación de teléfonos inteligentes y el rugosímetro de merlín para la determinación de la rugosidad del pavimento flexible en la carretera TA-615, tramo Puente El Peligro – Emp PE-40, Tacna – 2020*” - Universidad Privada de Tacna – Perú.