

ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DEL IRI UTILIZANDO LA APLICACIÓN PARA
SMARTPHONE ROADROID.

PRESENTADO POR:
HENRRY ALEXANDER CELEITA MESA COD.:2282045

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL
BOGOTÁ D.C
2023

ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DEL IRI UTILIZANDO LA APLICACIÓN PARA
SMARTPHONE ROADROID.

PRESENTADO POR:
HENRRY ALEXANDER CELEITA MESA COD.: 2282045

DOCENTE ASESOR:
Ing. JUAN MIGUEL SÁNCHEZ DURAN

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL
BOGOTÁ D.C
2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
Ing. JUAN MIGUEL SÁNCHEZ DURAN

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

BOGOTÁ D.C. 2022-05-18

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por acompañarnos en este proceso, por brindarnos la sabiduría y persistencia guiándonos en el camino permitiéndonos culminar este proceso con éxito sin dejarnos desfallecer ante los percances que se nos presentaron.

A mis padres

Que con su educación y valores inculcados a lo largo de nuestras vidas nos han demostrado que con la perseverancia y constancia se conseguiría el objetivo, siendo el pilar de nuestras vidas, a ellos que son su amor nos han forjado para el vivir.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	16
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
1. ÁRBOL DE PROBLEMAS	21
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
3. JUSTIFICACIÓN	29
4. OBJETIVOS	33
4.1. OBJETIVO GENERAL	33
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
5. MARCO TEÓRICO	34
5.1. CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES	34
5.2. REGULARIDAD SUPERFICIAL	34
5.3. DEFINICIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL IRI Y LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN	35
5.4. DEFINICIÓN Y CÁLCULO DEL IRI	37
5.5. PERFIL LONGITUDINAL	37
5.6. MODELO MATEMÁTICO DEL IRI	38
5.6.1. MODELO DE CUARTO DE CARRO	39
5.7. MACROTEXTURA	40
5.8. PERFILÓMETROS	42
5.9. PARTES DE UN SMARTPHONE	42
5.9.1. EL PROCESADOR	42
5.9.2. LA MEMORIA RAM	43
5.9.3. PANTALLAS MÓVILES	43
5.9.4. CÁMARAS	44
5.9.5. GPS	44
5.9.6. ACELERÓMETRO	45

5.9.7. GIROSCOPIO.....	45
5.10. APLICACIÓN ROADROID	46
5.11. HISTORIA DE ROADROID	52
5.12. EL SISTEMA ROADROID:	53
5.13. IRI ESTIMADO (eIRI):	54
5.14. IRI CALCULADO (cIRI):	55
6. ESTADO DEL ARTE	56
7. METODOLOGÍA	68
7.1. FASE 1.....	70
7.1.1. RECOPIACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE INFORMACIÓN	70
7.2. FASE 2.....	72
7.2.1. ELECCIÓN DE VEHÍCULO.....	72
7.2.2. ELECCIÓN DE SMARTPHONE	73
7.2.3. ELECCIÓN DE SOPORTE SMARTPHONE.....	74
7.2.4. ELECCIÓN DE LUGARES DE PRUEBA Y/O RECOLECCIÓN DE DAOS	75
7.3. FASE 3.....	79
7.3.1. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPO Y/O APLICACIÓN ROADROID	79
7.3.2. LECTURA DE IRI.....	83
7.3.3. MONTAJE DE LOS EQUIPOS PERFILÓMETRO LASER Y APLICACIÓN ROADROID 84	
7.3.4. LECTURAS DE IRI CON LA APLICACIÓN ROADROID Y PERFILÓMETRO LASER.	86
7.4. FASE 4.....	98
7.4.1. PROCESAMIENTO DE LA SALIDA DE LOS TELÉFONOS INTELIGENTES	98
7.4.2. ANALIZAR DATOS Y EDITAR.....	98
7.5. RESULTADO APLICACIÓN ROADROID	98
7.6. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN Y ECUACIÓN DE AJUSTE	150
8. CONCLUSIONES.....	152
9. IMPACTO SOCIAL	153

10.	IMPACTO AMBIENTALES	154
11.	RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	155
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	162

ÍNDICE DE TABLA

<i>Tabla 1 Segmentación de las hipótesis de causa probable según el momento del día</i>	24
<i>Tabla 2 Clasificación del IRI en tres niveles</i>	28
<i>Tabla 3 Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en Colombia, expresados en decibeles dB(A)</i>	30
<i>Tabla 4 Análisis de sensibilidad del ruido en función del IRI, vehículos livianos y vehículos comerciales</i>	31
<i>Tabla 5 Efecto del ruido sobre la salud humana</i>	32
<i>Tabla 6 Correspondencia IRI Y clasificación INVÍAS.</i>	35
<i>Tabla 7 clasificación según banco mundial</i>	36
<i>Tabla 8 Características del perfil longitudinal.....</i>	38
<i>Tabla 9 Clasificación de equipos por clase de medición de IRI de pavimento.....</i>	39
<i>Tabla 10 Condición de la Vía según ROADROID.....</i>	54
<i>Tabla 11 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SMARTPHONE ELEGIDO Y LOS CAULES PERMITE LA RECOPLACION DE DATOS</i>	73
<i>Tabla 12 formato de exportación de la aplicación Roadroid “Documento de texto (.txt)”</i>	97
<i>Tabla 13 comparación de coeficiente de correlación entre prueba 3 y 7 tanto para eIRI - eIRI y eIRI - IRI</i>	114
<i>Tabla 14 resumen prueba 9 a la 20 con soporte a parabrisas</i>	127
<i>Tabla 15 RESUMEN DE LAS LECTURAS FINALES DE LA APLICACIÓN ROADROID Y PERFILÓMETRO LASER</i>	145
<i>Tabla 16 Resumen pruebas y lecturas de la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser</i>	146
<i>Tabla 17 Prueba final comparación de medición entre la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser.....</i>	147
<i>Tabla 18 Determinación de la ecuación de corrección de eIRI vía Bogotá – la Vega -Villeta ...</i>	151
<i>Tabla 15 Comparación de precios adquisición de equipo perfilómetro y suscripción de la aplicación Roadroid y adquisición de equipos.....</i>	154
<i>Tabla 16 Comparación de precios al alquilar un equipo perfilómetro laser y la suscripción a la aplicación Roadroid.....</i>	155

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Relación tráfico promedio diario e IRI.....</i>	23
<i>Figura 2 Adaptación Todo modelo de accidente IRI.....</i>	24
<i>Figura 3 Segmentación de las hipótesis de causa probable en víctimas por siniestros viales (2016-2018).....</i>	25
<i>Figura 4 Influencia del Índice Internacional de Rugosidad en los costos de operación de un vehículo articulado.....</i>	29
<i>Figura 5 Escala de valores de (IRI) establecida por el banco mundial</i>	35
<i>Figura 6 Perfiles del camino</i>	38
<i>Figura 7 Representación de masas suspendida y no suspendida en el Modelo del Cuarto de Carro.....</i>	39

ÍNDICE DE GRAFICA

<i>Grafica 1 Árbol de problemas</i>	21
<i>Grafica 2 Análisis de sensibilidad del ruido en función del IRI, vehículos livianos y vehículos comerciales</i>	31
<i>Grafica 3 Posibles casos de rodadura para los diferentes estados de la capa de rodadura</i>	41
<i>Grafica 4 CÁMARA DE SMARTPHONE</i>	44
<i>Grafica 5 GPS DE UN SMARTPHONE</i>	45
<i>Grafica 6 ACELERÓMETRO DE UN SMARTPHONE.....</i>	45
<i>Grafica 7 GIROSCOPIO DE UN SMARTPHONE</i>	46
<i>Grafica 8 simulación de la aplicación ROADROID</i>	48
<i>Grafica 9 caracterización de la aplicación Roadroid por color.....</i>	48
<i>Grafica 10 mapa digitalización en la nube de la aplicación Roadroid</i>	49
<i>Grafica 11 la aplicación Roadroid puede exportar datos a Excel y Google Earth</i>	51
<i>Grafica 12 Proceso de toma y evaluación de datos de la aplicación Roadroid.....</i>	51
<i>Grafica 13 Primer prototipo presentado en el año 2002</i>	52
<i>Grafica 14 Pruebas de campo con Smartphone</i>	53
<i>Grafica 15 Mapeo del sitio analizado por Roadroid</i>	54
<i>Grafica 16 FASES DE LA METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....</i>	69
<i>Grafica 17 Vista de la página de grupo de investigación Roadroid</i>	70
<i>Grafica 18 Formulario para acceder a la licencia de estudiante.....</i>	71

<i>Grafica 19 Vehículo usado para la medición de IRI y comparación con Roadroid Ford 150.....</i>	<i>72</i>
<i>Grafica 20 Vehículo usado para la medición del IRI exclusivamente aplicación Roadroid Ford Ecosport</i>	<i>72</i>
<i>Grafica 21 Ubicación sitio escogido cruce de Yomasa hasta el cruce de Juna rey.....</i>	<i>75</i>
<i>Grafica 22 Ubicación sitio escogido calle 80 entre carreras 50 y 68.....</i>	<i>76</i>
<i>Grafica 23 sitio escogido via bogota villavicencion entre peaje boqueron K 4+ 100 y K 12-20076</i>	<i>77</i>
<i>Grafica 24 el sitio escogido es Calle 80 entre la Av. Boyaca y carrera 50</i>	<i>77</i>
<i>Grafica 25 sitio escogido carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63</i>	<i>77</i>
<i>Grafica 26 sitio escogido K16+300 al K24+700 retorno Bogotá al Rosal</i>	<i>78</i>
<i>Grafica 27 sitio escogido K38+108 al K43+120 retorno Bogotá al la Vega.....</i>	<i>78</i>
<i>Grafica 28 sitio escogido K62+550 al K56+600 retorno a la Vega a Villeta</i>	<i>79</i>
<i>Grafica 29 pantalla inicial aplicación Roadroid</i>	<i>79</i>
<i>Grafica 30 Reporte de la aplicación Roadroid y calibración en vertical y horizontal X, Y, Z antes de calibrar</i>	<i>80</i>
<i>Grafica 31 Reporte de la aplicación Roadroid y calibración óptima en X, Y, Z.....</i>	<i>80</i>
<i>Grafica 32 calibración en X</i>	<i>80</i>
<i>Grafica 33 Calibración en Y</i>	<i>81</i>
<i>Grafica 34 calibración en Z.....</i>	<i>81</i>
<i>Grafica 35 Pantalla inicial para acceder a la configuración de la aplicación.....</i>	<i>82</i>
<i>Grafica 36 Menú general de la configuración</i>	<i>82</i>
<i>Grafica 37 configuración de medios de datos y sincronización</i>	<i>83</i>
<i>Grafica 38 configuración de formatos de unidades y configuración regional.....</i>	<i>83</i>
<i>Grafica 39 Configuración Dispositivo y vehículo</i>	<i>84</i>
<i>Grafica 40 configuración de fricción</i>	<i>84</i>
<i>Grafica 41 componentes del perfilómetro laser.....</i>	<i>85</i>
<i>Grafica 42 Adaptación internas de vehículo para la recolección de datos del perfilómetro laser</i>	<i>85</i>
<i>Grafica 43 componentes para realizar lecturas con la aplicación Roadroid.....</i>	<i>86</i>
<i>Grafica 44 Prueba N.º 2 Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio</i>	<i>87</i>
<i>Grafica 45 Prueba N.º 3 la calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente en la ciudad de Bogotá</i>	<i>87</i>
<i>Grafica 46 Medición calle 80 de occidente a oriente entre carrera 65 y calle 54</i>	<i>88</i>
<i>Grafica 47 Prueba N.º 4 Peaje Boquerón K4+100 al cruce de Chipaque K12+200.....</i>	<i>88</i>
<i>Grafica 48 Prueba N.º 5 Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio</i>	<i>89</i>
<i>Grafica 49 Medición en la calle 80 entre carreras 50 y Av. Boyacá de occidente a oriente</i>	<i>89</i>
<i>Grafica 50 Medición calle 80 entre carreras 50 y 68</i>	<i>90</i>
<i>Grafica 51 Medición carrera 60 en ambos sentidos entre la carrera ro y transversal 59ª</i>	<i>90</i>
<i>Grafica 52 sitio escogido K16+300 al K24+700 retorno Bogotá al Rosal</i>	<i>91</i>
<i>Grafica 53 sitio escogido K38+108 al K43+120 retorno Bogotá al la Vega.....</i>	<i>91</i>
<i>Grafica 54 sitio escogido K62+550 al K56+600 retorno a la Vega a Villeta</i>	<i>92</i>
<i>Grafica 55 Menú principal para acceder a la carga de las lecturas de IRI</i>	<i>92</i>
<i>Grafica 56 Pantalla de carga de información a la nube de la aplicación de Roadroid</i>	<i>93</i>
<i>Grafica 57 Pagina Roadroid acceso de usuario y clave.....</i>	<i>93</i>
<i>Grafica 58 Acceder a mis unidades</i>	<i>94</i>

<i>Grafica 59 consulta de dispositivos registrados.....</i>	94
<i>Grafica 60 Importar historial de video y registro fotográfico</i>	94
<i>Grafica 61 Acceder importar historia.....</i>	95
<i>Grafica 62 pantalla lista importar historia la cual Muestra hasta 100 entradas</i>	95
<i>Grafica 63 Importar y generar archivos ZIP, KML y Documento de texto.....</i>	95
<i>Grafica 64 mapa visualizador de la aplicación Roadroid y Escala de IRI</i>	96
<i>Grafica 65 vista general al exportar las lecturas de IRI por la aplicación Roadroid a un archivo KML "Google Earth"</i>	97
<i>Grafica 66 eIRI Y cIRI de la prueba 2 realizada Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio.....</i>	98
<i>Grafica 67 correlación eIRI y cIRI de la prueba 2 realizada Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio</i>	99
<i>Grafica 68 Determinación de la prueba 3.1 entre las lecturas de la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser</i>	99
<i>Grafica 69 Perfil Longitudinal pruebas 3.2 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	100
<i>Grafica 70 Determinación de la prueba 3.2 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	100
<i>Grafica 71 Perfil Longitudinal pruebas 3.3 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	101
<i>Grafica 72 Determinación de la prueba 3.3 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	101
<i>Grafica 73 Perfil Longitudinal pruebas 3.4 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	102
<i>Grafica 74 Determinación de la prueba 3.4 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	102
<i>Grafica 75 Perfil Longitudinal pruebas 3.5 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	103
<i>Grafica 76 Determinación de la prueba 3.5 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	103
<i>Grafica 77 Perfil Longitudinal pruebas 3.6 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	104
<i>Grafica 78 Determinación de la prueba 3.4 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	104
<i>Grafica 79 Perfil Longitudinal pruebas 3.7 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	105
<i>Grafica 80 Determinación de la prueba 3.7 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	105
<i>Grafica 81 Perfil Longitudinal pruebas 3.8 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	106
<i>Grafica 82 Determinación de la prueba 3.8 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente</i>	106
<i>Grafica 83 Perfil Longitudinal pruebas 3.9 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	107
<i>Grafica 84 Determinación de la prueba 3.9 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente</i>	107

Grafica 85 Perfil Longitudinal pruebas 3.10 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente	108
Grafica 86 Determinación de la prueba 3.10 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente	108
Grafica 87 Perfil Longitudinal pruebas 3.11 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente	109
Grafica 88 Determinación de la prueba 3.11 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente	109
Grafica 89 Perfil Longitudinal pruebas 3.12 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente	110
Grafica 90 Determinación de la prueba 3.12 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente	110
Grafica 94 Prueba 4 k4+100 al k12+200 vía Bogotá – Villavicencio.....	111
Grafica 95 Prueba 5 cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambo sentidos y solo el carril Izquierdo	111
Grafica 96 comparación perfil longitudinal prueba 2 y 5 cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambo sentidos y solo el carril Izquierdo	112
Grafica 97 Prueba 6 calle 80 entre carrera 50 y Av. Boyacá Sentido occidente a oriente.....	112
Grafica 98 Prueba 7 Calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente....	113
Grafica 99 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 7 y 3	113
Grafica 100 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 7 y IRI prueba 3	114
Grafica 101 Prueba 8 Calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente..	115
Grafica 102 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 8 y 3	115
Grafica 103 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 7 y IRI prueba 3	115
Grafica 101 Prueba 9 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo	116
Grafica 102 Determinación de la Prueba 9 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo.....	117
Grafica 103 Prueba 10 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo	117
Grafica 104 Determinación de la Prueba 10 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur – norte carril izquierdo.....	118
Grafica 105 Prueba 11 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo	118
Grafica 106 Determinación de la Prueba 11 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo.....	119
Grafica 107 Prueba 13 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur- norte carril izquierdo	119
Grafica 108 Determinación de la Prueba 13 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo	120
Grafica 109 Prueba 14 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur carril izquierdo	120
Grafica 110 Determinación de la Prueba 14 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur carril izquierdo	121
Grafica 111 Prueba 15 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo	121

Grafica 112 Determinación de la Prueba 15 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur -norte carril izquierdo	122
Grafica 113 Prueba 16 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur- carril izquierdo	122
Grafica 114 Determinación de la Prueba 16 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur carril izquierdo	123
Grafica 115 Prueba 17 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo	123
Grafica 116 Determinación de la Prueba 17 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur – norte carril izquierdo.....	124
Grafica 117 Prueba 18 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo	124
Grafica 118 Determinación de la Prueba 18 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo.....	125
Grafica 119 Prueba 19 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo	125
Grafica 120 Determinación de la Prueba 19 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur – norte carril izquierdo.....	125
Grafica 121 Prueba 20 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo	126
Grafica 122 Determinación de la Prueba 20 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo.....	127
Grafica 123 Perfil Longitudinal lectura 1 K16+300 al K24+700 Bogotá el carril izquierdo – sentido Bogotá – La Vega - Villeta	128
Grafica 124 Gráfico de correlación y determinación lectura 1 K16+300 al K24+700 Bogotá el carril izquierdo – sentido Bogotá – La Vega - Villeta	128
Grafica 125 Perfil Longitudinal lectura 2 K16+300 al K24+700 Bogotá el carril izquierdo – sentido – Villeta- La Vega - Bogotá	129
Grafica 126 Gráfico de correlación y determinación lectura 2 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Bogotá– La Vega- Villeta	129
Grafica 127 Comparación de perfil longitudinal lectura de perfilómetro y Roadroid de la lectura 1 y 2.....	130
Grafica 128 Correlación de eIRI lectura 1 y eIRI lectura 2	130
Grafica 129 Perfil longitudinal lectura 3 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	131
Grafica 130 Correlación eIRI y IRI lectura 3 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Villeta – La Vega – Bogotá.....	132
Grafica 131 Perfil longitudinal lectura 4 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá.....	132
Grafica 132 Correlación lectura 4 K16+300 al K24+700 carril izquierdo sentido Villeta- La Vega- Bogotá	133
Grafica 133 Comparación de perfil longitudinal lectura de perfilómetro y Roadroid de la lectura 3 y 4.....	133
Grafica 134 Correlación eIRI y eIRI lecturas 3 y 4 K16+300 al K24+700 carril izquierdo sentido Villeta - La Vega - Bogotá	133

Grafica 135 Perfil longitudinal lectura 5 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	134
Grafica 136 Correlación eIRI y IRI lectura 5 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	134
Grafica 137 Perfil longitudinal lectura 6 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	135
Grafica 138 Correlación eIRI y IRI lectura 6 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	135
Grafica 139 Comparación de perfil longitudinal lectura 5 y 6 K38+108 al K43+120 de perfilómetro y Roadroid	136
Grafica 140 Correlación eIRI y IRI lectura 5 y 6 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	136
Grafica 141 Perfil longitudinal lectura 7 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá.....	137
Grafica 142 Correlación eIRI y IRI lectura 7 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá -	138
Grafica 143 Perfil longitudinal lectura 8 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá.....	138
Grafica 144 Correlación eIRI y IRI lectura 8 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá	138
Grafica 145 Comparación de perfil longitudinal lectura 7 y 8 K38+108 al K43+120 de perfilómetro y Roadroid	139
Grafica 146 Correlación eIRI y eIRI lectura 7 y 8 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá	139
Grafica 147 Perfil longitudinal lectura 9 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá- La Vega – Villeta	140
Grafica 148 Correlación eIRI y IRI lectura 9 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	140
Grafica 149 Perfil longitudinal lectura 10 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	141
Grafica 150 Correlación eIRI y IRI lectura 10 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	142
Grafica 151 Comparación de perfil longitudinal lectura 9 y 10 K62+550 al K56+600 de perfilómetro y Roadroid	142
Grafica 152 Correlación eIRI y eIRI lectura 9 y 10 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta	143
Grafica 153 Perfil longitudinal lectura 11 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá -	143
Grafica 154 Correlación eIRI y IRI lectura 11 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega - Bogotá	144
Grafica 155 Perfil longitudinal lectura 12 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá	144
Grafica 156 CORRELACIÓN EIRI Y IRI LECTURA 12 K62+550 AL K56+600 EL CARRIL IZQUIERDO – SENTIDO VILLETÁ - LA VEGA - BOGOTÁ	145
Grafica 157 correlación lecturas de calibración usó soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo largo	148

Grafica 158 Correlación de segundas pruebas con soporte de parabrisas.....	149
Grafica 159 correlación de la medición final	150

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 CUADROS DE LECTURAS DE LA VÍA BOGOTÁ LA VEGA VILLET A	157
Anexo 2 Cuadros De Lecturas De Iri De La Vía Bogotá La Vega Villeta Con Perfilómetro Laser Y Aplicación Roadroid	158
Anexo 3 Cotización Medición de indicadores en RETORNOS VIA BOGOTÁ-VILLET A - retorno Bogotá al Rosal - retorno Bogotá la Vega - retorno a la Vega a Villeta	159
Anexo 4 Propuesta Técnica Y Económica Equipo RSP III Premium, Compra De Equipo Perfilómetro Laser	159
Anexo 5 Cotización De La Suscripción De La Aplicación Roadroid.....	161
Anexo 6 Cuadro resumen de las diferentes cotizaciones para lecturas de IRI	162

GLOSARIO

Microtextura: Se refiere a la morfología, composición, orientación y enlaces de los cristales que a nivel microscópico conforman el pavimento. En otros términos, se refiere a la textura superficial de los agregados pétreos, del ligante y de posibles depósitos de goma de llanta. En mediciones corresponde a las desviaciones horizontales de hasta 0.5mm y verticales de entre 0.001 a 2mm. Afecta principalmente a la fricción.

Macrotextura: Corresponde a desviaciones horizontales de entre 0.5mm a 50mm y verticales de entre 2 a 10mm. Se refiere al efecto conjunto de agregados y ligante, o sea a la mezcla colocada. Determina la deflexión de la suspensión y las cargas dinámicas en las llantas.

Distintos valores promedio de macrotextura generan parámetros deseados e indeseados a la vez generando la toma de compromisos sobre las condiciones de servicio a priorizar. Por ejemplo, ondas cortas de hasta 5mm generan poros acústicos que reducen el ruido, pero ondas largas lo aumentan. Y a la vez las ondas largas otorgan fricción en condiciones mojadas, pero si son muy largas generan excesiva fricción ergo mayor consumo de combustible y emisiones de CO₂.

Megatextura: Es el resultado del uso y daño de la carretera. Valores menores a 0.2mm raíz cuadrada promedio se consideran normales. En muchos países no es considerado en las mediciones.

Rugosidad: La regularidad superficial, conocida también como rugosidad, es la desviación que presenta la superficie con respecto a una superficie plana con dimensiones características en sentido longitudinal correspondientes a una longitud de onda comprendida entre 0.5 y 50 metros.

Los defectos de regularidad influyen en la masa suspendida de los vehículos, afectando la comodidad de los pasajeros. Longitudes de onda mayores a las que identifican la regularidad superficial, corresponden a las características geométricas del perfil de la carretera

Según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia, la rugosidad se define como alteraciones del perfil longitudinal de una vía, que provocan vibraciones en los vehículos que lo recorren. Es la desviación de la superficie respecto a una superficie plana, con dimensiones características que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al andar.

Una buena regularidad de la superficie de los pavimentos brinda condiciones de comodidad y seguridad para los usuarios de las vías. Una mala regularidad, además de afectar los aspectos anteriores, refleja daños y deterioros de carácter funcional y estructural de los pavimentos que influyen negativamente en su estado de condición y vida útil.

IRI: La rugosidad es un factor que determina el confort, la seguridad y el desgaste que sufren los vehículos al transitar sobre una vía. Este factor se puede correlacionar con la condición estructural de la vía y con su vida útil.

La escala estándar a nivel mundial para determinar la rugosidad es el IRI, índice de rugosidad internacional el cual fue propuesto en los años 70's por el Banco Mundial, cuyo principal objetivo fue la estandarización de la medida de la rugosidad.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo la comparación entre una medición convencional y la aplicación ROADROID, la cual presenta una gran oportunidad para tener mediciones a un menor costo, además de diferentes beneficios como poder tomar lecturas bajo lluvia, cosa que con el equipo avalado por el banco mundial es imposible realizar.

También se presenta una fácil adquisición para cualquier usuario y sin requerir demasiada intervención en los vehículos y con un alto manejo para de mediciones de varios kilómetros.

Como desventaja requiere una velocidad superior a 20 km/h, en velocidades inferiores a esta son picos erróneos que deben ser descartados.

Para esto, se estableció una metodología basada en 9 pruebas para calibrar la aplicación en la cual se tuvo que cambiar el soporte y revisar la velocidad promedio.

Entre los resultados obtenidos en primera instancia con un soporte universal para teléfono coche, brazo largo los valores eran negativos y existía poca correlación entre la medida convencional.

Posteriormente se realizó 10 pruebas en las cuales se requirió realizar el cambio del soporte rígido parabrisas y realizar nuevas mediciones.

No obstante, los valores obtenidos nunca serán similares debido a la forma de medición de cada equipo y sus características.

INTRODUCCIÓN

Con los asentamientos de la humanidad surge la necesidad de transportar y acortar tiempos, debido a eso se necesitó de caminos ya sea para el transporte de ejércitos e intercambios de igual importancia el de mercancías y asimismo con el avance de nuevas tecnologías y obtener mayor velocidad y disminuir el tiempo entre trayectos ha estado atado al progreso.

En primer lugar, el gran auge se debió a la invención de la rueda y consigo los diferentes vehículos por tracción animal y mecánico. Después en el siglo V milenio a.C. en Mesopotamia (actual Irak). Alrededor del 4.000 a.C., la ciudad mesopotámica de Ur, ya se utilizaba el pavimento en las calles de forma “rustica allanando el terreno y rellenando hondonadas”, entre tanto, pero los persas alrededor del 3.500 a.C se tenía aproximadamente 2.600-2.900 Km para unir a las ciudades principales estuvieron en funcionamiento a mediados del 3.500 a.C (Gg, n.d.).

Por tanto, los verdaderos constructores de carreteras fue el imperio romano quienes las usaban para el intercambio de mercancías y desplazar a sus ejércitos se usaba una técnica que funciona aun hoy en día; según la ley romana todos podían usar las carreteras, pero su mantenimiento dependía de la región por la que pasaba dicha carretera al desaparecer el imperio romano las carreteras quedaron expuestas a un deterioro.

Después de esto se realizó entre los siglos XV y XVI (*Volver-al-Centro-La-Recuperación-de-Áreas-Urbanas-Centrales*, n.d.), se dio inicio en el pavimento las carreteras este auge se dio en Francia con un nuevo fin era mantenimiento y la construcción de dichas carreteras pero esto fue cedido a empresas privadas, fue así que surgió las carreteras con peajes el primero fue en Inglaterra y hasta la fecha es el modo de recaudo de muchas carretera.

Entonces el mayor avance fue la primera carretera inteligente que fue inaugurada en el año 2013 en Holanda (Emilio Ontiveros et al., n.d.) esta es autosuficiente en su iluminación y recarga de coches eléctricos, al contrario de Colombia, ya que la mayoría de las carreteras en nuestro país se construyeron de los trayectos que tenían los caminos reales coloniales o caminos de herradura, en gran parte esto obedece la topografía del país.

No obstante, no fue sino hasta el año 1846 se empezó en Bogotá (Osorio Baquero, 2014) ,el transporte urbano de diferente índole, en vehículos tirados por bueyes y caballos y fue objeto de protestas debido al deterioro de la infraestructura de cañerías y edificaciones por el paso de estos vehículos de carga.

Posteriormente entre los años 1890 y 1900 se realizó el primer pavimento en nuestro país se construyó en el centro de Bogotá, pero no fue sino hasta el año 1905 que el expresidente Rafael Reyes Prieto crea el MOP “Ministerio de Obra Pública” la primera carretera intermunicipal fue la carretera central del norte que comunicaba a Bogotá con Santa Rosa de Viterbo (Boyacá).

Entre tanto el IRI fue unificado en 1986 por el banco mundial (Caicedo et al., 2003a), esto surge con el único fin de unificar estándares y como medida de confort de la vía y asegurar una calidad, seguridad a la hora de transitar. Ahora lo largo del tiempo y con las nuevas tecnologías, ha surgido cambio en los equipos de medición.

En los cuales puede haber equipos tan sencillos como una mira y un nivel, eventualmente existieron equipos más complejos que requieren una gran inversión para su uso y requieren diferentes de diferentes adecuaciones tales como los Perfilómetro láser.

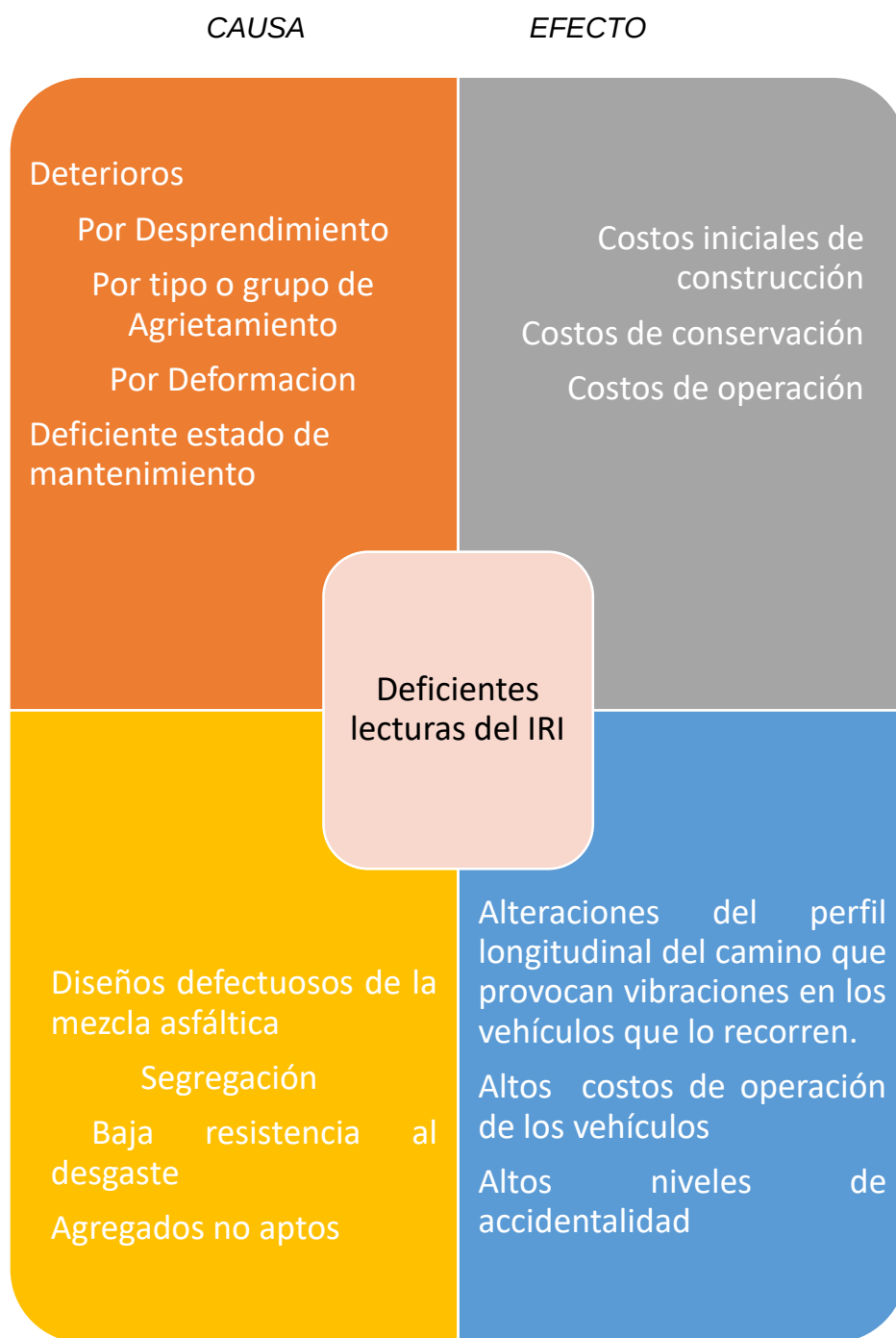
Finalmente surge la aplicación Roadroid, la cual de la misma forma que sus antecesores surgen con la necesidad de monitorear las condiciones del pavimento, al contrario, no requiere mayor inversión, ni adecuación más que un soporte y un teléfono inteligente en un vehículo que no exclusivo para esta actividad de medición, lo que lo hace muy práctico.

¿En resumen la aplicación Roadroid podrá remplazar a sus antecesores?, es la causa de esta investigación.

1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

Se identifico los principales problemas y una técnica de causa y efecto en el cual se intenta dar solución.

Grafica 1 Árbol de problemas



Fuente: Propia

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las vías existen una gran relación en la percepción del conductor y el estado de la vía, por lo que es de igual importancia es la composición y/o materiales de la vía que incide en la capacidad portante, también su tiempo de uso, clima de la región y fenómenos naturales, puesto que se ve expuesta al deterioro.

Además, se presenta daños de mayor importancia por obras que no tuvieron buenas proyecciones del flujo de servicio más aún si no se tuvieron las consideraciones de movimientos de tierras y estudios hidrológicos lo que se ve expresado en fallas en el pavimento.

Por están razones antes expuestas se puede presentar el desperfecto de esta capa de rodadura antes de lo previsto por el diseñador, y puede ser de manera lenta y progresiva y poco visible que pasara a un estado más crítico, Eventualmente debido a eso se plantean como acciones correctivas mantenimiento, aunque no es que pueda efectuarse en cualquier momento, debe ser una acción continua en el tiempo para prevenir los efectos y que pueda presentar una mayor incidencia.

Otro aspecto en las vías administradas por la ANI e INVÍAS en Colombia y es el principal problema es el lapso control o seguimiento de este y que se presenta en menor grado las concesionadas, con medidas internacionales de fácil implementación.

De manera que el 70 % construidos presentan problemas deterioro en las vías terciarias, en total en Colombia cuenta con 206.708 kilómetros de vías, de los cuales 142.284 km hacen parte de las vías terciarias, y aun así existen departamentos tales como Caquetá, Choco, Guaviare, Guainía, Vaupés y Amazonas en los cuales no se cuentan algunos con ninguno y o muy pocos kilómetros, y los pocos no cuentan con un mantenimiento adecuado de vías suficientes para la conectividad con el resto del país, en los departamentos mencionadas anteriormente.

A su vez mencionamos que la entidad INVÍAS la norma colombiana, INVÍAS I.N.V. E – 790 – 07 “Determinación Del IRI Para Medir La Rugosidad De Los Pavimentos”, de manera que esta norma se menciona equipos de alto rendimiento Perfilómetro óptico, Perfilómetro láser que pueden ser adaptados a vehículos pero que requiere de adecuaciones o modificaciones del vehículo a una velocidad constante, de igual importancia se indican equipos de bajo rendimiento (portátiles), Nivel y mira (topográficos), Perfilómetro portátil (con inclinómetro), por el contrario no permiten lecturas de grandes distancias ni constantes, adicionalmente no son prácticos en costos y tiempo.

Esto aparatos en su mayoría permite realizar un perfil longitudinal de la vía, lo que mide varios aspectos importantes con la textura, la cual debería ser cómoda, que en consecuencia refleja un desgaste mínimo en los vehículos y una

transitividad más segura.

En conclusión, existen medidas y equipos para medir el confort del usuario, detalles de micro textura, rugosidad, aspectos de seguridad, a pesar de esto, si hoy se tuviera una base de datos de todas las vías en Colombia, están tendrían como resultado en su gran mayoría en especial las no concesionadas IRI muy bajo, lo que reflejaría viajes poco confortables para los usuarios y mayor accidentalidad debido a la mezcla de otras variables como son el exceso de velocidad etc...

Pero existen otras correlacionadas para demostrar la importancia del IRI, y este es el deterioro de la malla vial, como lo es la relación entre el tráfico promedio (TPD) y el valor IRI en el tiempo como se puede observar en la figura 1 que demuestra que al pasar el tiempo se aumenta los valores del IRI.

Figura 1 Relación tráfico promedio diario e IRI



Fuente: (Revista EIA, n.d.)

Pongamos por caso un estudio realizado donde se puede identificar una relación entre el TPD y el IRI en el tiempo, se afirma que al pasar el tiempo y mayor sea el TPD, mayor sería los valores del IRI en consecuencia sin una debida intervención las condiciones de la vía no serían competitivas respecto a las vías internacionales.

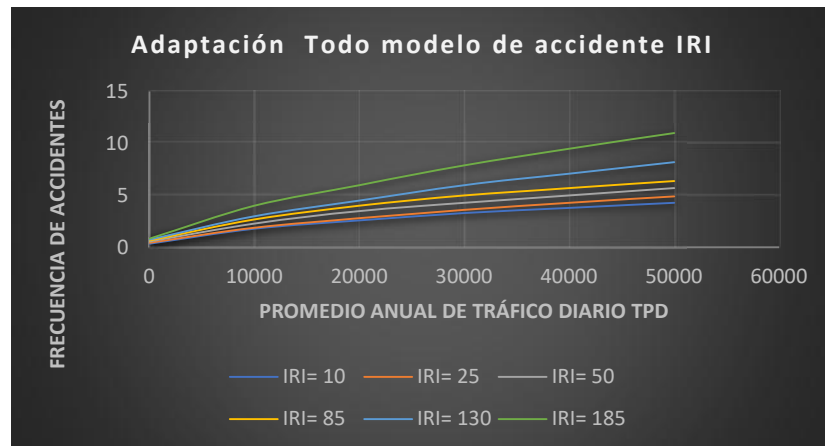
Adicionalmente a lo anteriormente mencionado se ve reflejado una mayor accidentalidad lo cual deriva en demandas en contra de la nación en el año 2020, se presentaron 1.579 demandas con pretensiones por un valor de 2 millones de pesos, según cifras de la Agencia Nacional de Defensa Jurídica del Estado (Andje), con corte al 31 de mayo.

En las cual el proceso administrativo se ve involucrado las siguientes entidades

Invias, El Ministerio de Transporte y la Agencia de Infraestructura (ANI), según encuesta de la misma entidad la Nación tiene 702 procesos ganados y 353 perdidos, esto implica que la indemnización estaría entre los valores de 393 y 807 millones de pesos.

Ahora veremos una adaptación en la figura 2 en donde se muestra la frecuencia anual de accidentes correspondiente a los diferentes niveles TPD e IRI para cada segmento de autopista de 0.1 millas.

Figura 2 Adaptación Todo modelo de accidente IRI.



Fuente: (Chan et al., 2010a)

Adicionalmente en la tabla 1 se puede observar varias posibles causas y valores de accidentalidad dependiendo de la hora del día

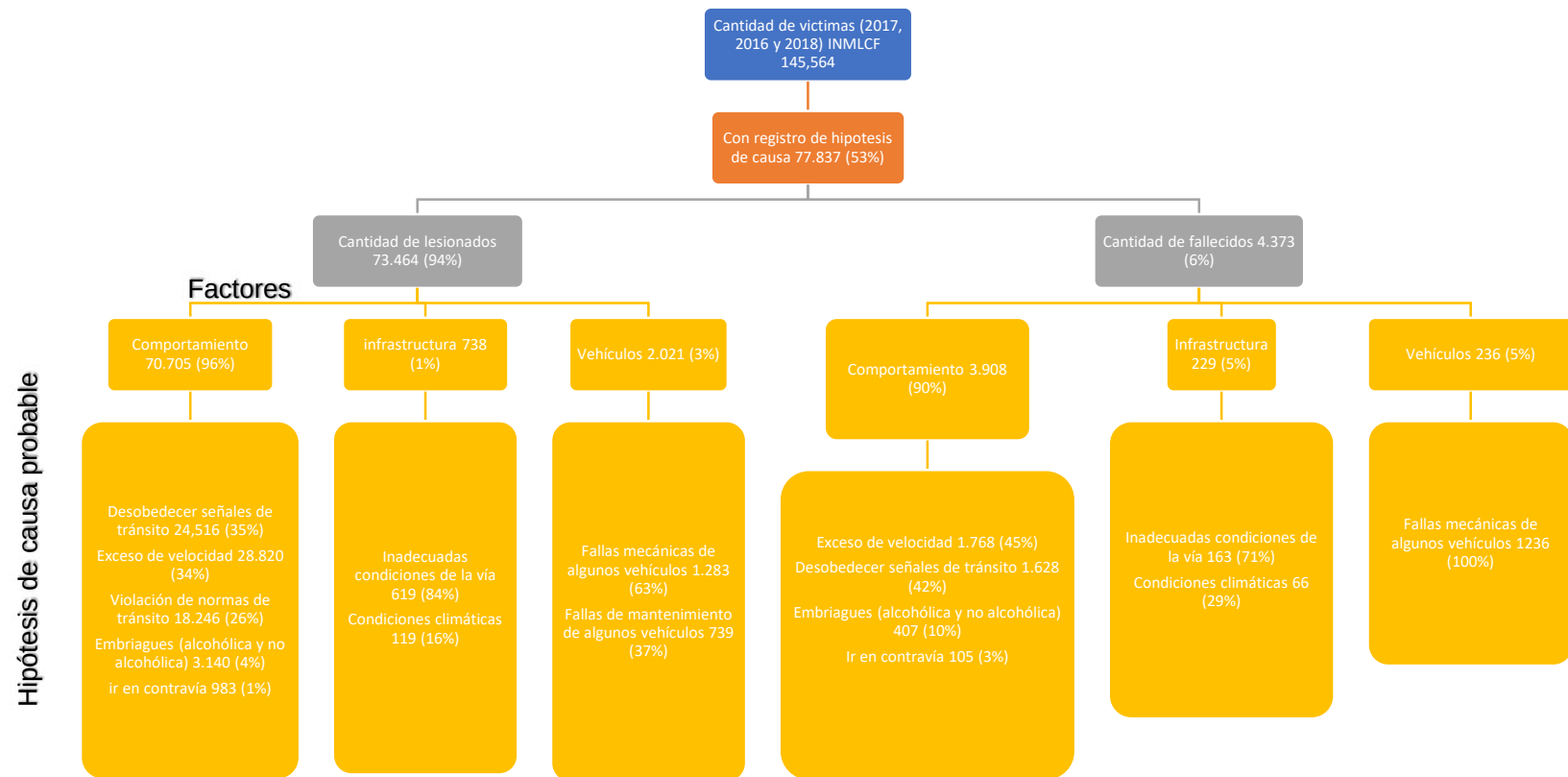
Tabla 1 Segmentación de las hipótesis de causa probable según el momento del día

Factor asociado	Hipótesis de causa probable	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Sin Registro	Total, General
Comportamiento Humano	Exceso de velocidad	2.263	6.688	8.796	6.996	845	25.588
	Desobedecer Señales de tránsito	2.012	7.298	9.215	6.034	818	25.377
	Violación norma de tránsito	1.298	5.403	6.659	4.528	362	18.250
	Embriaguez (alcohólica y no alcohólica)	804	487	611	1.399	246	3.547
	Contravía	111	265	375	291	46	1.088
	Pasar semáforo en rojo	96	211	228	219	9	763
Infraestructura	Malas condiciones de la vía	118	191	212	195	66	782
	Malas condiciones climáticas	51	33	48	34	19	185
Vehículos	Posibles fallas mecánicas	134	485	586	245	68	1.518
	Falla de mantenimiento mecánico	46	225	308	144	16	739
Total, general		6.993	21.286	27.038	20.085	2.495	77.837

Fuente: (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, n.d.)

En la figura 3 se observa un organigrama con los siniestros viales entre los años 2016 y 2018 en los cuales se deriva dos ramos: cantidad de lesionados y de fallecimientos.

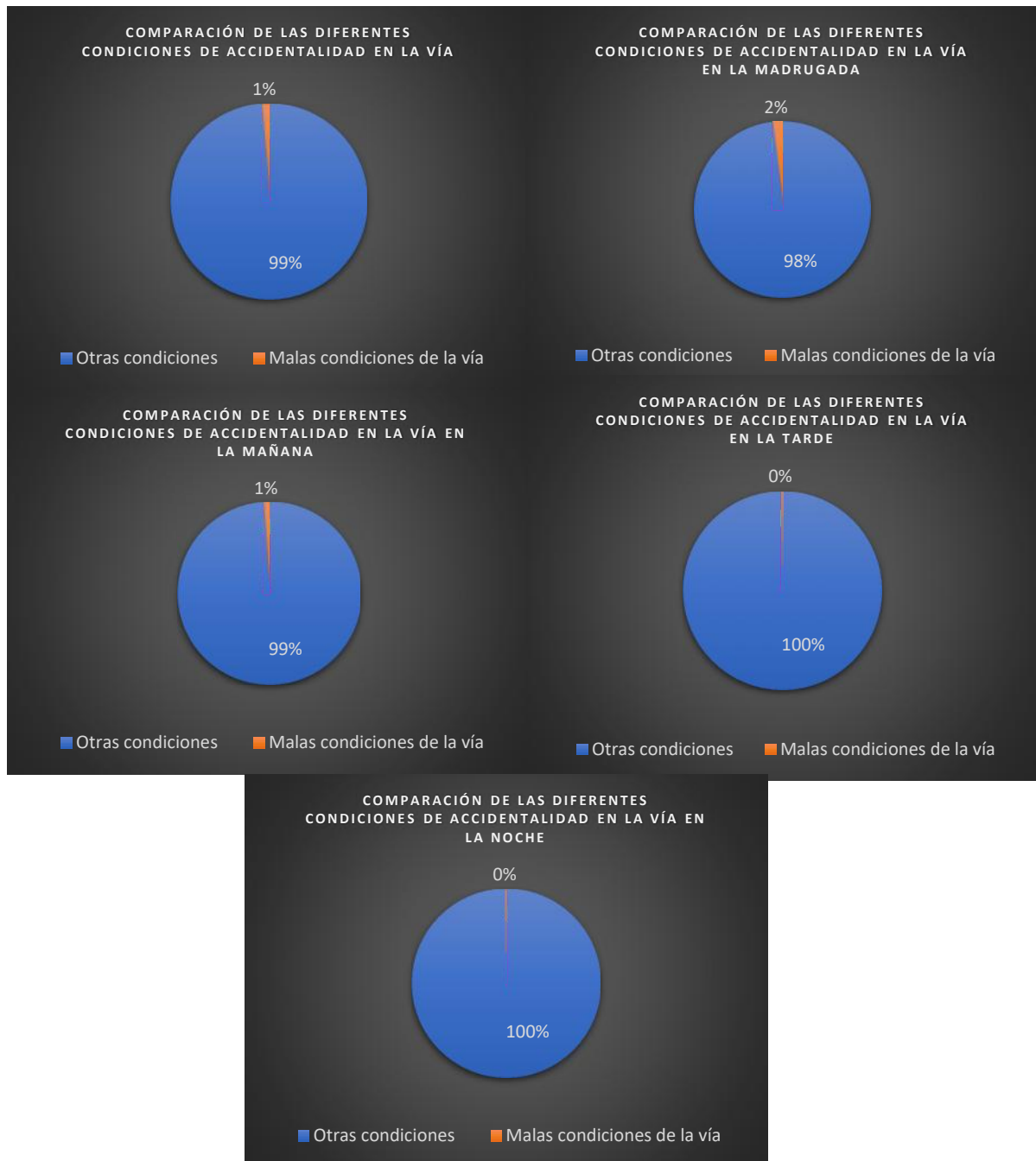
Figura 3 Segmentación de las hipótesis de causa probable en víctimas por siniestros viales (2016-2018).



Fuente: (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, n.d.)

A continuación, se realizó un análisis en el gráfico 1 en donde se puede apreciar el porcentaje de accidentalidad según la hora del día, además se resalta en especial “malas condiciones de la vía” que como se demostró anteriormente esta correlacionado con altas lecturas de IRI

Gráfico 1 comparación de las diferentes condiciones de accidentalidad en la vía según el momento del día

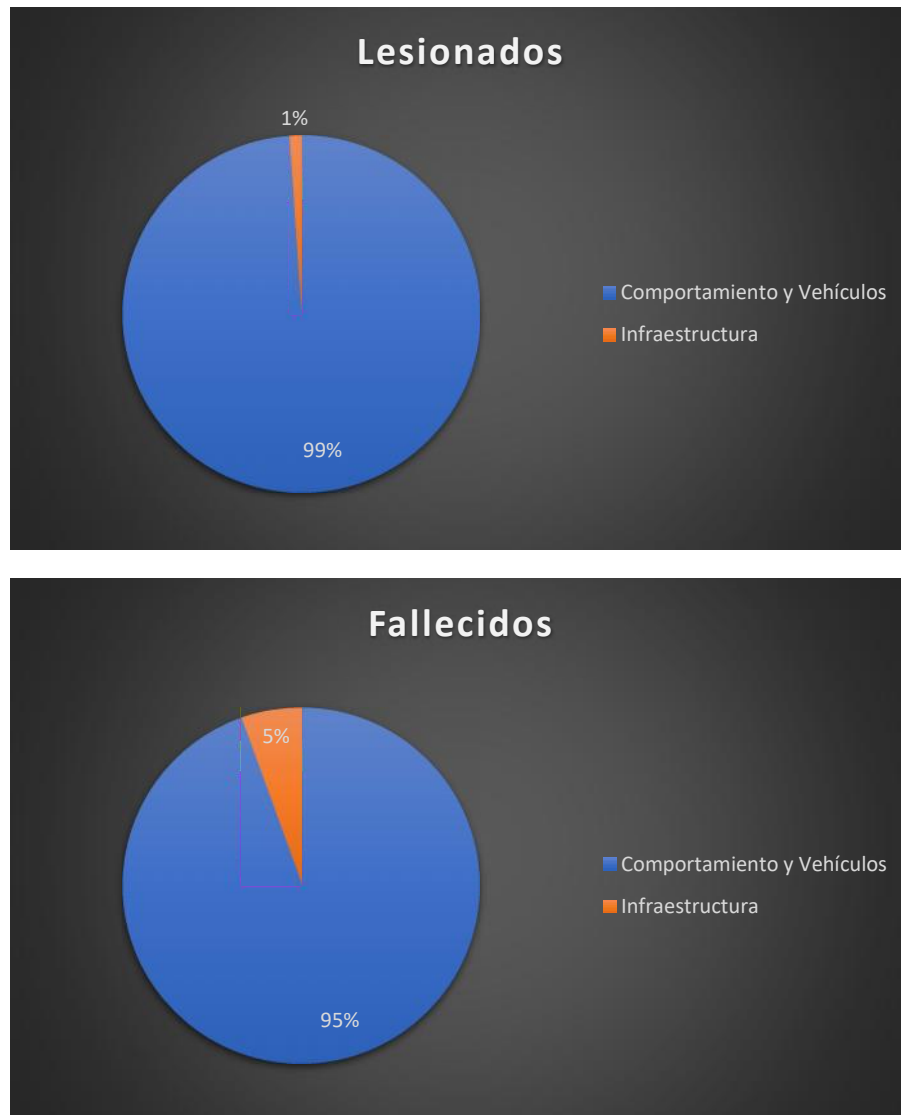


Fuente: Propia

Si bien las otras condiciones de accidentes supera las condiciones del mal estado de la vía y este apenas es el 1%, se observa un incremento en la accidentalidad en la madrugada por problemas en la infraestructura del 2%, esta cifra parece pequeña, pero equivale a 762 usuarios lo cual es significativo a la hora de hablar de vidas humanas.

En consecuencia, también debemos analizar la severidad de la accidentalidad por infraestructura o malas condiciones de la vía como se observa en la gráfica 2.

Gráfico 2 comparativo de la segmentación de la causa probable de víctimas por siniestro vial



Fuente: Propia

Adicionalmente se observa un aumento en los fallecidos por la hipótesis de accidentalidad por infraestructura en mal estado.

Lo anterior debido se puede prevenir evitando lecturas de rugosidad bajas las cuales se presume puede desarrollar cualquiera de las siguientes hipótesis reducida la tracción entre llantas y la carpeta asfáltica generando que el usuario pierda el control del vehículo en el momento de frenar o girar

A continuación, podemos ver la tabla N°2 se puede observar una clasificación de intervalos de IRI

Tabla 2 Clasificación del IRI en tres niveles

CALIFICACIÓN	IRI
Bueno	<95
Regular	95< < 170
Malo	>170

(Chan et al., 2010)

Comparando las condiciones diurnas a las nocturnas existe un incremento, las condiciones de un pavimento bajo precipitación también sufren un incremento 0.007, esto indica que adicional al deterioro de la vía las condiciones nocturnas y de lluvias incrementan el índice de accidentabilidad

3. JUSTIFICACIÓN

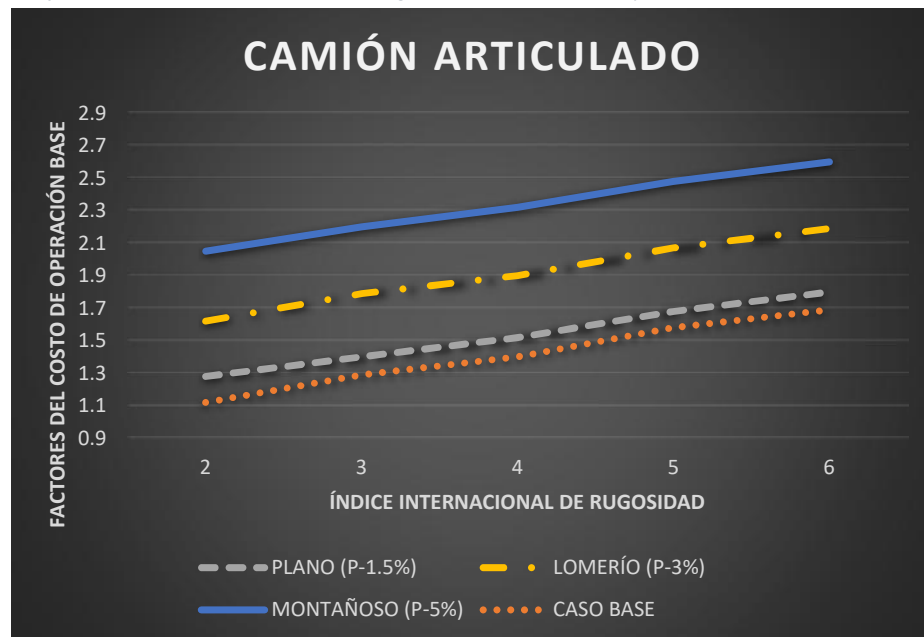
El IRI es un parámetro ampliamente usado para la determinar las características de la superficie de rodadura o la suma de deformaciones, y pueden presentarse mediciones malas y/o bajas, que pueden ser ocasionados por deformaciones que se pueden presentar en las diferentes capas y se refleja en la capa de rodadura tales como ahuellamientos, agrietamientos, etc...

Adicionalmente al confort del usuario, se ve reflejado en otros aspectos como lo es el costo de operación y o ruido, para empezar el consumo de combustible está asociado a características propias del diseño del vehículo, también a su uso y/o transporte y a las características propias de la estructura de rodadura.

Además, el IRI está correlacionado al menor costo en la operación de la vía, por lo que se desea identificar sectores con vulnerabilidad y dar posibles soluciones para minimizar los costos de mantenimiento.

El estudio realizado el cual se toma como base un camión articulado como el que se mide el mayor de los efectos en consumo de combustible y costos de mantenimiento como se puede observar en la figura 4.

Figura 4 Influencia del Índice Internacional de Rugosidad en los costos de operación de un vehículo articulado



(José Antonio Arroyo Osorno & Roberto Aguerrebere Salido,)

El cual refleja la misma tendencia en los diferentes tipos terreno, a mayor IRI o lecturas deficientes, mayor es el costo de operación.

Por otro lado, es importante analizar el impacto en salud y comodidad por la generación del ruido, debido al rozamiento del neumático con la capa de rodadura y las diferentes deformaciones que se pueden presentar.

Al igual que el anterior caso existen factores propios del vehículo, y en los cuales el tipo pesado genera mayor ruido al tipo liviano, debido al número de neumáticos que rozan con la capa de rodadura, además de la frecuencia del uso del freno en el momento de desaceleración, pero el factor importante y que nos importa en esta investigación son las características superficiales de la vía, si la superficie es áspera genera mayor ruido entre la fricción del neumático y la superficie, también se presenta en otros casos en las juntas de los puentes.

Por lo anteriormente expuesto se toma como unidad de medida el decibel (dB), es la unidad de sonido que expresa la relación entre las presiones de un sonido cualquiera y un sonido de referencia en escala logarítmica y es equivalente a 20 veces el logaritmo de base 10 del cociente de las dos presiones como se puede observar en la tabla 3 (*DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR*, n.d.-a).

Tabla 3 Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en Colombia, expresados en decibeles dB(A).

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO EN dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. y Tranquilidad Silencio.	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	50	55
Sector B. y Tranquilidad Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		N/A
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		N/A
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	60
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural	Residencial Suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		N/A

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO EN dB(A)	
		Día	Noche
de Tranquilidad y Ruido Moderado.	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		N/A

Fuente: (DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR, n.d.-b)

A continuación, se observa una relación del IRI y su correspondiente volumen de tráfico:

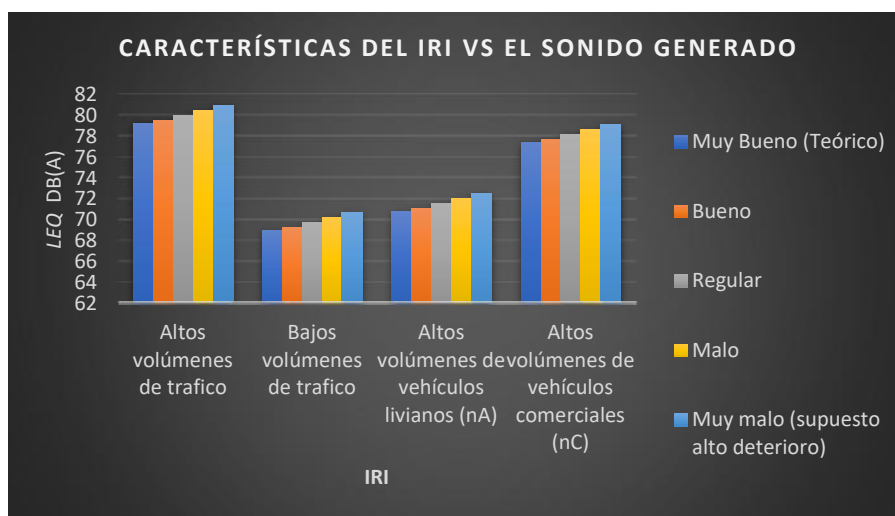
Tabla 4 Análisis de sensibilidad del ruido en función del IRI, vehículos livianos y vehículos comerciales

CARACTERÍSTICA DEL IRI	Altos volúmenes de trafico	Bajos volúmenes de trafico	Altos volúmenes de vehículos livianos (nA)	Altos volúmenes de vehículos comerciales (nC)
Muy Bueno (Teórico)	79,28	69	70,83	77,44
Bueno	79,52	69,24	71,07	77,68
Regular	80	69,72	71,55	78,16
Malo	80,48	70,2	72,03	78,64
Muy malo (supuesto alto deterioro)	80,96	70,68	72,51	79,12

Fuente:(DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR, n.d.-b)

Además, observamos el grafico 2 donde se puede agrupar por tipo de trafico las lecturas de volúmenes de trafico

Grafica 2 Análisis de sensibilidad del ruido en función del IRI, vehículos livianos y vehículos comerciales



Fuente: (Propia)

De acuerdo a los resultados obtenidos por la investigación podemos observar que la diferencia entre un pavimento con condiciones favorables o lecturas de IRI aceptadas, al contrario de mediciones malas es de un (1) decibel dB(A),

adicionalmente se observa que el aumento de ruido vehicular por cada unidad de IRI es de 0.24 dB(A), esto quiere decir que mientras aumente las condiciones desfavorables de la capa de rodadura con deformaciones y así el aumento del IRI mayor será el ruido producido.

Para entender y dar un punto de referencia se tiene que por encima de 65 dB(A) empieza a ser una molestia subjetiva y 45 dB(A) se convierte en pérdida de capacidad auditiva por exposición a periodos prolongados.

Por lo que se puede concluir que el ruido ambiental producido por el paso de vehículos tendrá consecuencias significativas para la salud de las personas aledañas a las vías como se observa en la tabla 5.

Tabla 5 Efecto del ruido sobre la salud humana

Efectos	Nivel de Riesgo dB(A)	Comentarios
Pérdida de capacidad auditiva	>75	Niveles frecuentes en muchos niveles de trabajo
Reacción de estrés	>65 a >85	El riesgo está condicionado de otros factores personales y ambientales
Interferencia con el sueño	>45	Este efecto mantenido a largo plazo puede provocar alteraciones permanentes de la salud
Interferencia con actividades y molestia subjetiva	>65	Muy relacionado con la sensación de molestia y relación de estrés, adicionalmente a la larga puede producir alteraciones de salud por la reacción de estrés mantenidas

Fuente: (DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR, n.d.-b)

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la medición del IRI por medio de la aplicación para Smartphone Roadroid

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la relación entre Roadroid IRI y el perfilómetro láser IRI
- ✓ Recopilar datos de la superficie del pavimento con la aplicación Roadroid en diferentes condiciones de tiempo y tráfico.
- ✓ Identificar la variabilidad de lectura con la aplicación Roadroid a diferentes velocidades.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Las principales características de la capa superficial miento que se esperan tener para un correcto funcionamiento, están relacionadas con las siguientes condiciones:

-) Cómoda
-) Segura
-) Duradera
-) Poco ruidosa
-) Producir un desgaste mínimo en los vehículos
-) Facilitar el drenaje del agua sobre el pavimento

Las características anteriormente expuestas se pueden ver expuestas y reduciendo la vida útil de la misma, debido a la construcción, mantenimiento y desmantelado (Anahí et al., 2016)

La entidad encargada de asignar, regular y supervisar estas actividades en Colombia es el Instituto Nacional de Vías y Transporte (INVÍAS), la cual tiene definidas cinco categorías para el estado de la red vial:

1. Muy Bueno
2. Bueno
3. Regular
4. Malo
5. Muy Malo

Estas categorías tienen una correspondencia con el IRI el cual sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de una vía y fue aceptado por el Banco Mundial en 1986 (Arriaga et al., 1998) como estándar de medida para la regularidad superficial de un camino.

5.2. REGULARIDAD SUPERFICIAL

Cuando nos referimos a la regularidad superficial se hace énfasis en el perfil longitudinal teórico y real, en el cual podemos observar sus irregularidades, causadas por deterioros de uso y en muchos casos de malos procesos constructivos y/o malas proyecciones del tráfico promedio diario (TPD).

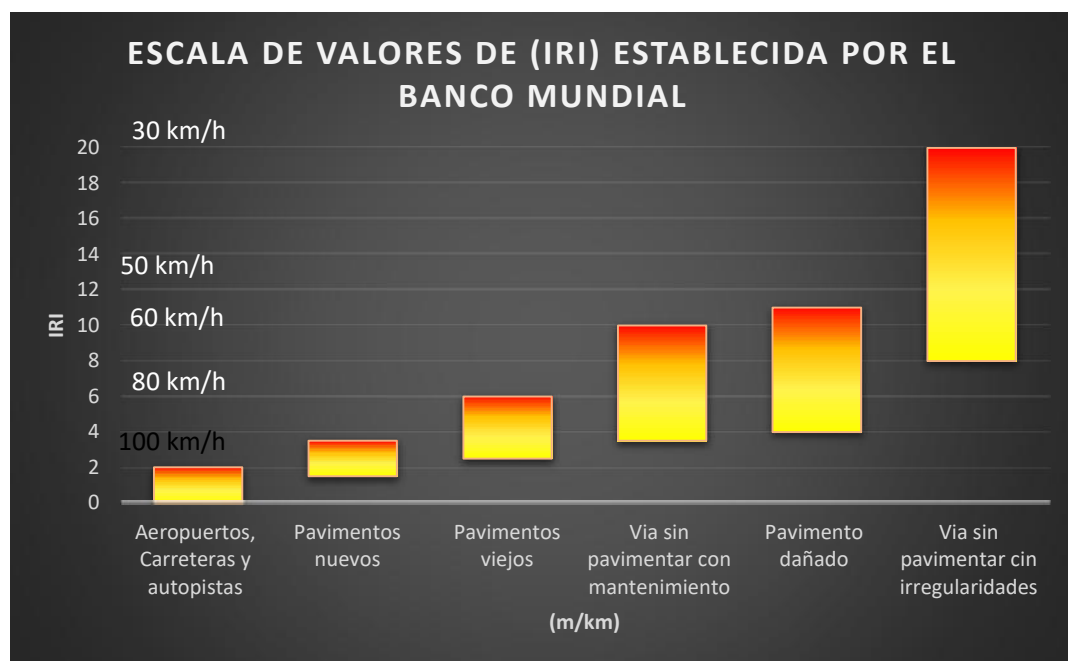
Por lo anteriormente expuesto es necesario conservar las características funcionales de la capa de rodadura ya que como se demostró en los estudios, pueden ser de gran importancia para las condiciones de seguridad y confort del usuario y este a su vez no impacte en los aspectos de costos de operación vehicular “desgaste de llantas y mayor consumo de combustible” y el

mantenimiento de las vías, adicionalmente consecuencias en la velocidad de circulación.(Omar Hernán Alberto Delgado & José Mauricio Lemus Porras, n.d.-a)

5.3. DEFINICIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL IRI Y LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN

El IRI surgió con el único fin de unificar la cuantificación de la rugosidad, este fue desarrollado por medio del experimento internacional IRRE (International Roughness Experiment), en consecuencia, de las confusiones que se presentaron por diversas técnicas y equipos existentes y se representa en la figura 5.

Figura 5 Escala de valores de (IRI) establecida por el banco mundial



Fuente:(Omar Hernán Alberto Delgado & José Mauricio Lemus Porras, n.d.-a)

Adicionalmente tenemos una tabla donde se califica el IRI por categoría de estado como se observa a continuación en la tabla 6:

Tabla 6 Correspondencia IRI Y clasificación INVÍAS.

Categoría de Estado	Clasificación INVÍAS	IRI
Muy Bueno	MB	<2.5
Bueno	B	< 3.5
Regular	R	<4.5
Malo	M	<5.5
Muy Malo	MM	>5.5

Fuente: (Alberto et al., n.d.)

Esta estandarización logró relacionar los resultados obtenidos por los diferentes equipos y métodos de medición en uno único, independiente y universal.(Caicedo et al., 2003b)

- ✓ Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi
- ✓ El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.
- ✓ 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 del IRI, no así los cambios de pendiente.
- ✓ Para los caminos pavimentados el rango esperado del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para caminos no pavimentados la escala se puede extender hasta el valor de 20 m/km, como lo muestra

El IRI se define con el modelo matemático del cuarto de coche (ver tabla 7) que simula la suspensión y el movimiento de las masas de un cuarto de vehículo y representar la vibración vertical del vehículo.

Tabla 7 clasificación según banco mundial

Clasificación de equipo	CLASIFICACIÓN SEGÚN BANCO MUNDIAL, BOLETÍN TÉCNICO N° 46	CLASIFICACIÓN SEGÚN ASTM E-950-98	
	REQUERIMIENTO	REQUERIMIENTO	
		INTERVALOS LONGITUDINALES DE ALMACENAMIENTO DE DATOS	RESOLUCIÓN DE MEDICIONES VERTICALES
Clase 1	Perfilómetros de precisión. Requiere que el perfil longitudinal de un camino sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella o rodadura de la vía para calcular el IRI. Esta distancia no debería superar los 0.25 m y la precisión en la medición de la elevación debería de ser 0.5 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Menor o igual a 25 mm.	Menor o igual a 0.1 mm.
Clase 2	Otros métodos perfilométricos. Requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5 m y una precisión en la medición de la elevación comprendida entre 1.0 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y 6.0 mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Mayor que 25 mm. hasta 150 mm.	Mayor que 0.1 mm. Hasta 0.2 mm.
Clase 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipos tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido calibrados previamente con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación.	Mayor que 150 mm. Hasta 300 mm.	Mayor que 0.2 mm. Hasta 0.5 mm.
Clase 4	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad de viaje o inspecciones visuales de las carreteras.	Mayor que 300 mm	Mayor que 0.5 mm

Fuente:(Jorge Montoya-Goicochea, 2013)

La ASTM E-950-98 divide en 4 clases diferentes, cabe destacar que depende de la respuesta del equipo y/o intervalos longitudinales de almacenamiento de datos y a la resolución de mediciones verticales como se puede ver en la tabla 8.

5.4. DEFINICIÓN Y CÁLCULO DEL IRI

Para definir el IRI se emplea un modelo matemático que simula la suspensión y masas de un vehículo tipo, circulando por un tramo de carretera a una velocidad determinada. Este modelo se conoce por sus siglas en inglés, QCS (Quater Car Simulation), dado que representa la cuarta parte de un vehículo de cuatro ruedas o un remolque de una sola rueda.

El IRI en un punto de una carretera se define como la razón del movimiento relativo acumulado por la suspensión del vehículo tipo, dividido por la distancia recorrida por dicho vehículo. El modelo matemático de vehículo que se utiliza es el representado en la Figura N°3. Si se conoce el perfil longitudinal de la carretera, $y(x)$, y la velocidad a la que circula el automóvil, V , se puede calcular en cada punto el movimiento, z_1 y z_2 , de cada una de las masas, m_1 y m_2 , que componen el modelo. (Sánchez, n.d.-a)

5.5. PERFIL LONGITUDINAL

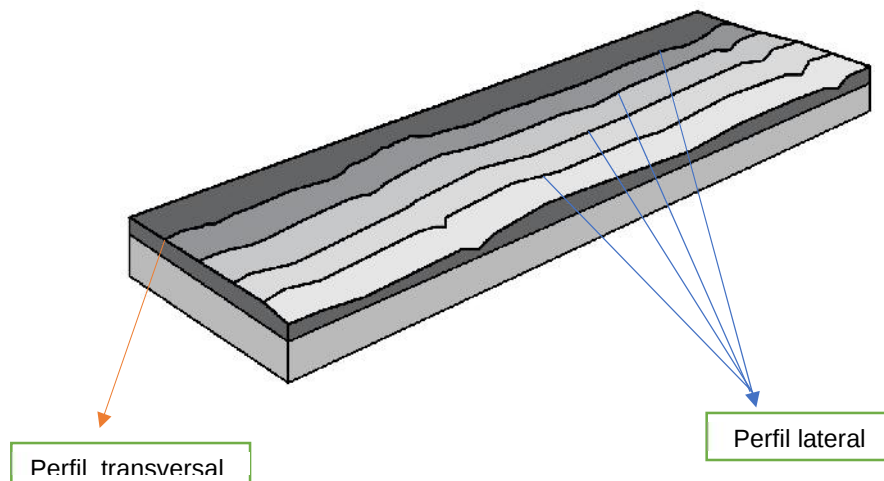
La clasificación de este perfil está basada por un convenio internacional establecido por la Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR) y sus características son las siguientes y se puede ver en la tabla 8.

Tabla 8 Características del perfil longitudinal

Clasificación del perfil longitudinal		
Dominio	Longitud de onda	Amplitud
Trazado	50 – 1000 m	0,5 – 50 m
Regularidad superficial	0,5 – 50 m	0,001- 0,5 m
Textura	0 – 0,5 m	0,001 – 50 mm

Fuente: (Omar Hernán Alberto Delgado & José Mauricio Lemus Porras, n.d.-b)
En la figura 6 se representa el perfil lateral y el perfil transversal

Figura 6 Perfiles del camino



Fuente: Adaptación (Jorge Montoya-Goicochea, 2013)

5.6. MODELO MATEMÁTICO DEL IRI

La medición del IRI de un pavimento consiste esencialmente en cuatro pasos (Ing. Marcelo Dalimier & Dr. Ing. Roberto Torrent, 1999):

- La medición física de un perfil longitudinal simple.
- Dicho perfil se filtra empleando la media móvil sobre una base de 250 mm de largo.
Este filtrado simula el efecto suavizante de la deformación del neumático.
- El perfil resultante se vuelve a filtrar mediante la simulación del cuarto de auto.

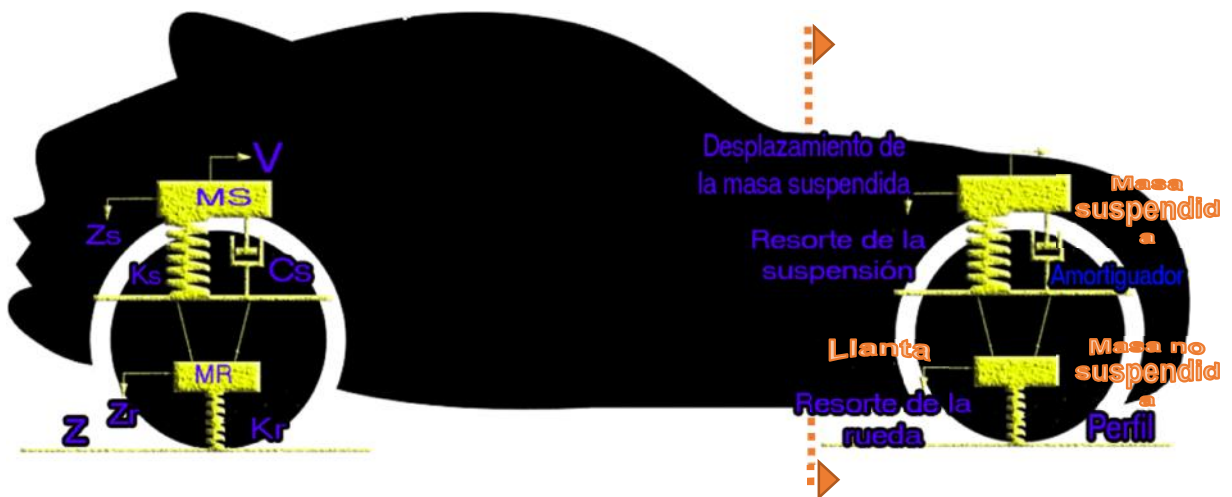
Esta simulación registra la respuesta física de un auto “ideal” que transita sobre el perfil a una velocidad de 80 km/h. 4. El IRI (m/km) se calcula como el movimiento acumulado (m) de la suspensión del auto “ideal”, dividido por la longitud del perfil transitado (km). Según (Sayers & Karamihas, 1996) el modelo matemático se representa en la figura

5.6.1. MODELO DE CUARTO DE CARRO

La norma ASTM E867-06 define “rugosidad” como “desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica” (Pradena Miquel, 2006). Siendo el IRI un índice de un perfil longitudinal en una vía, se definió un modelo que representa el paso de una llanta de un vehículo a lo largo de ese perfil, este modelo es el Modelo de Cuarto de Carro (Pía & Raygada, n.d.).

El modelo es una representación de una rueda posterior de un automóvil. Mediante masas como se representa en la figura 7, 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 (Marcoantonio Alamo-Viera, 2016a).

Figura 7 Representación de masas suspendida y no suspendida en el Modelo del Cuarto de Carro.



Fuente: Adaptación (Badilla Vargas, 2011)

Donde en la tabla 9 se describe cada una de las fuerzas y sus siglas:

Tabla 9 Clasificación de equipos por clase de medición de IRI de pavimento

Nombre	Notación
Constante del resorte de la suspensión	K_s
Constante del resorte de rueda	K_r
Masa suspendida	MS
Masa no suspendida	MR
Amortiguador	CS

Fuente: (Badilla Vargas, 2011)

El modelo matemático, está representado en el gráfico anterior en la ecuación 1, en donde se observa la masa no suspendida equivalente a la llanta con un resorte vertical, la masa suspendida equivalente al cuarto de

carro apoyado en la suspensión y un sistema de resorte y amortiguación. Por lo anterior el valor del IRI está definido por la siguiente ecuación

Ecuación 1 IRI es el Índice de Rugosidad Internacional mm/m;

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{\frac{X}{V}} [Z_s - Z_r] d$$

- ✓ L: es la longitud del tramo;
- ✓ X: es la distancia longitudinal en m;
- ✓ V: es la velocidad del automóvil modelo (80km/h);
- ✓ X/V: es el tiempo que tarda el modelo en recorrer cierta distancia X;
- ✓ Dt: es el incremento de tiempo;
- ✓ ZS: es la velocidad vertical de la masa del vehículo;
- ✓ Zr: es la velocidad vertical de la masa del eje.

5.7. MACROTEXTURA

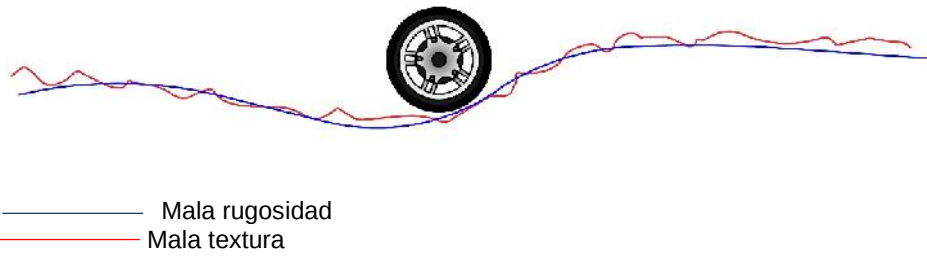
Corresponde a desviaciones horizontales de entre 0.5mm a 50mm y verticales de entre 2 a 10mm. Se refiere al efecto conjunto de agregados y ligante, o sea a la mezcla colocada. Determina la deflexión de la suspensión y las cargas dinámicas en las llantas.

Distintos valores promedio de macrotextura generan parámetros deseados e indeseados a la vez generando la toma de compromisos sobre las condiciones de servicio a priorizar. Por ejemplo, ondas cortas de hasta 5mm generan poros acústicos que reducen el ruido, pero ondas largas lo aumentan. Y a la vez las ondas largas otorgan fricción en condiciones mojadas, pero si son muy largas generan excesiva fricción ergo mayor consumo de combustible y emisiones de CO2 (Marcoantonio Alamo-Viera, 2016b).

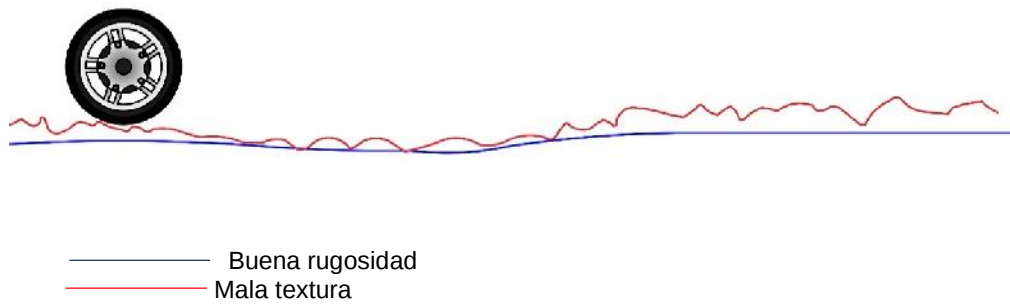
A continuación, en la gráfica 3 observamos los diferentes casos que se pueden encontrar en los diferentes estados de rodadura

Grafica 3 Posibles casos de rodadura para los diferentes estados de la capa de rodadura

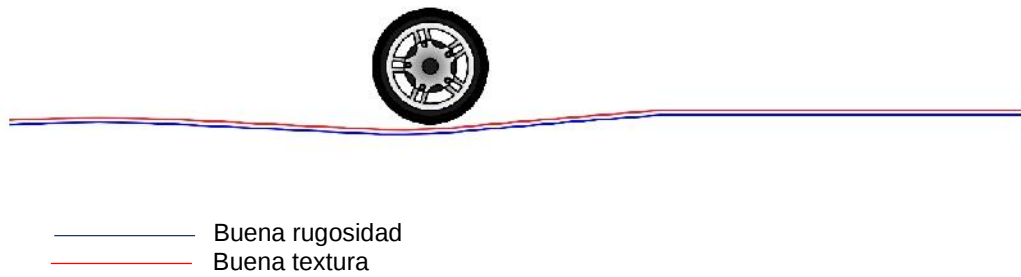
caso 1



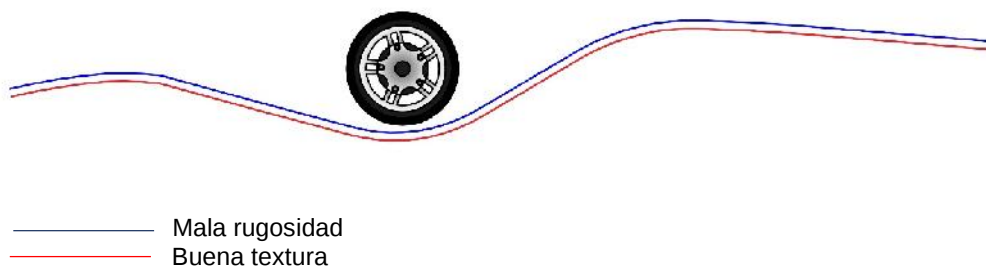
Caso 2



Caso 3



Caso 4



Fuente: Propia

5.8. PERFILÓMETROS

Como se mencionó anteriormente, el parámetro que más influye en la regularidad superficial de una carretera es su perfil longitudinal. Es por esta razón que los primeros aparatos de medida de la uniformidad, y muchos de los que existen en la actualidad, basan sus medidas en la obtención del perfil longitudinal.

El perfil longitudinal de una carretera puede descomponerse en una serie de armónicos (o sinusoides) de distintas amplitudes y longitudes de onda. La gama de longitudes de onda de los armónicos que afectan la regularidad superficial está comprendida entre unos pocos centímetros y varias decenas de metros. Desnivelaciones con longitudes inferiores a estas constituyen la textura superficial de la calzada y las superiores se consideran condicionantes de la topografía de la zona a la geometría del proyecto. Tanto unas como otras son necesarias para el buen funcionamiento de la carretera y no se consideran como irregularidades superficiales. Para que un perfilómetro proporcione una buena indicación de la regularidad superficial, éste debe medir irregularidades con longitudes de onda comprendidas entre 0,5 y 50 m (Sánchez, n.d.-b).

Existen dos grupos principales de perfilómetros: los estáticos y los dinámicos. Entre los sistemas estáticos algunos dan perfiles de precisión como los métodos de "mira y nivel" (o topográficos) los de "viga y nivel", el Dipstick, etc.. Otros sistemas estáticos o pseudo- estáticos, aunque no de precisión, son la regla de tres metros, el viógrafo "Instrumento que registra las irregularidades del firme de una carretera e indica la diferencia entre sus depresiones y asperidades respecto a un perfil medio", los perfilómetros tipo CHLOE, y otros (Sánchez, n.d.-b).

Los sistemas estáticos de precisión consiguen las medidas más exactas del perfil longitudinal. Sin embargo, su bajo rendimiento y alto costo los hace inadecuados para estudios que no sean muy especiales, como los de investigación, o en países donde la mano de obra sea muy barata. Los métodos pseudo-estáticos no suelen ser mucho más rápidos que los anteriores y además producen medidas que no son muy indicativas del perfil longitudinal (Sánchez, n.d.-b).

5.9. PARTES DE UN SMARTPHONE

A continuación, con el fin de conocer el Smartphone y saber cómo es posible la recolección de datos describiremos las partes más importantes de un teléfono móvil, con lo que conoceremos también un poco más su estructura.

5.9.1. EL PROCESADOR

Entonces si el teléfono móvil es básicamente un ordenador, cabe pensar que la parte más importante del mismo será el procesador, como en el ordenador personal. Ciertamente, pero como adelantaba al principio de este post, existen diferencias entre las arquitecturas de ambos dispositivos.

En un Smartphone, cuando hablemos del procesador, en realidad nos vamos a referir a una parte del teléfono móvil que incluye bastantes más cosas que el procesador. Es un circuito integrado llamado sistema SoC (system on a chip), que como su nombre indica, integra varias partes del sistema en un único circuito integrado.

El sistema SoC contiene la CPU, la GPU, las memorias RAM y ROM, controladores USB, wifi y muchas otras partes. En cierto modo, es como si en nuestro afán de reducir el tamaño de los dispositivos, hubiéramos querido meter toda la arquitectura de un ordenador personal, en un único chip. Al final el aspecto es un circuito integrado rodeado de conectores, como puede apreciarse en la siguiente figura del chip A8, empleando en el Iphone 6.

Chip A8: procesador ARM v8A de 1.38 Ghz con dos núcleos y un procesador gráfico (GPU) PowerVR Series 6XT GX6450 (quad-core)

En este punto, es necesario mencionar a la empresa británica ARM Holdings, que fabrica los procesadores ARM, presentes en más del 95% de los smartphones actuales. (Jesús García García, n.d.)

5.9.2. LA MEMORIA RAM

La memoria RAM empleada en los teléfonos móviles es del tipo RAM dinámica (DRAM). Recuerda que en este tipo de memorias no se mantienen los datos de forma indefinida, aunque las tengamos alimentadas. Es necesario, refrescar estos datos de forma periódica.

Son memorias RAM muy rápidas que se localizan lo más cerca posibles de la CPU y GPU dentro del SoC. De esta forma tenemos menor consumo de energía y menor calentamiento.

Esta memoria es compartida por la CPU y la GPU, es decir, no tenemos una memoria gráfica dedicada. (Jesús García García, n.d.)

5.9.3. PANTALLAS MÓVILES

En las pantallas de los móviles vamos a encontrar dos tecnologías: LCD y OLED. Si necesitas recordar el funcionamiento de estas tecnologías puedes ir al post en el que explicaba el funcionamiento del monitor.

Las primeras, las pantallas LCD, son las de cristal líquido, y funcionan igual que las de los monitores para ordenador personal, aprovechando las características del cristal líquido, para dejar pasar la luz o no en función de su polaridad.

Entre este tipo de pantallas encontramos: TFT, LED, IPS, Retina y Super PLS.

Las segundas, las pantallas OLED (Organic Light-Emitting Diode), utilizan LED como retroiluminación. Produciendo luz por ellas mismas, cosas que no pueden

hacer las pantallas LCD. De esta forma, consiguen colores más realistas, reducen el consumo y obtienen mejores tiempos de respuesta.

El fabricante de las pantallas OLED es Samsung, que emplea dos tecnologías: AMOLED y Super AMOLED. (Jesús García García, n.d.)

5.9.4. CÁMARAS

La cámara o cámaras fotográficas de un Smartphone se ha convertido en un componente muy apreciado y demandado por los usuarios. No en vano, es uno de los componentes que más miramos cuando nos vamos a comprar un Smartphone.

La cámara tiene la misma estructura que cualquier otra cámara: un bloque óptico y un sensor como se puede observar en la gráfica 4.

Grafica 4 CÁMARA DE SMARTPHONE



Fuente: (Jesús García García, n.d.)

El bloque óptico está bastante limitado, aunque existen algunos teléfonos con cámaras a las que puedes conectarle un objetivo.

El sensor está compuesto por multitud de fotorreceptores que traducen las señales luminosas a señales eléctricas. Estos receptores están ordenados en una matriz, y cuando incide la luz sobre ellos, y obtenemos la señal eléctrica correspondiente, podemos interpretar el punto de la imagen registrado por ese receptor. En fin, igual que el sensor de cualquier cámara digital.

Podemos distinguir dos tecnologías de sensores: CCD (Charge-Coupled Device) y CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). La segunda, CMOS, está ganando la partida, ya que son más baratos de fabricar y consumen menos energía. (Jesús García García, n.d.)

5.9.5. GPS

Este componente se ha vuelto muy popular en los teléfonos móviles debido a la cantidad de aplicaciones que lo utilizan.

GPS es un sistema de posicionamiento que nos permite ubicarnos en las coordenadas geográficas. Con este componente en los teléfonos móviles se

abre todo un abanico de posibilidades de los llamados servicios LBS (Location based services), servicios basados en localización.

Grafica 5 GPS DE UN SMARTPHONE

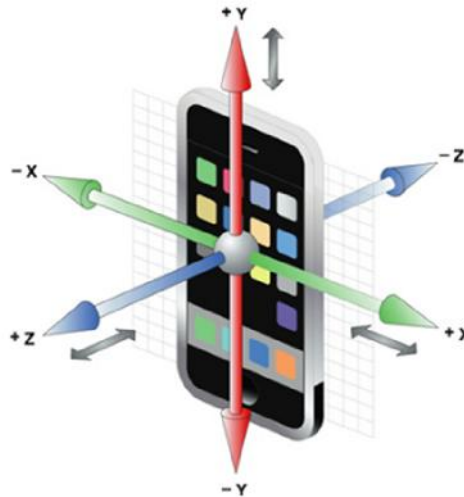


Fuente: (Jesús García García, n.d.)

5.9.6. ACELERÓMETRO

El acelerómetro es el componente que detecta las aceleraciones a las que se ve sometido un cuerpo, en este caso el teléfono. Normalmente integrado en el SoC, este componente detecta la aceleración que se produce en los tres ejes como se aprecia en la gráfica 6, lo que nos permite detectar el giro, la vibración, la inclinación y la colisión del teléfono. (Jesús García García, n.d.)

Grafica 6 ACELERÓMETRO DE UN SMARTPHONE



Fuente: (Jesús García García, n.d.)

5.9.7. GIROSCOPIO

El giroscopio o giróscopo, detecta la rotación a la que se somete un cuerpo que gira alrededor de un eje de simetría.

Te preguntarás entonces para que quiero un giroscopio en el móvil, si ya tengo un acelerómetro que me indica la rotación sobre los tres ejes. La respuesta es muy sencilla, el giroscopio es mucho más preciso que el acelerómetro, y en algunas aplicaciones, como las de realidad aumentada, se necesita esa precisión extra.

Por ello, no todos los móviles lo incluyen. Si el móvil es de gama alta, hay muchas probabilidades de que lo incluya, pero otros móviles de gama media o baja no lo incluyen ver gráfica 7. (Jesús García García, n.d.)

Grafica 7 GIROSCOPIO DE UN SMARTPHONE



Fuente: (Jesús García García, n.d.)

5.10. APLICACIÓN ROADROID

Según Lars F. y Hans J (2015), la técnica tradicional moderna para medir la rugosidad especialmente construido es cara, debido al hardware pesado y complejo, además de la necesidad de sistemas y accesorios sofisticados.

Para la recopilación y el análisis de datos a menudo consumen mucho tiempo, por ejemplo, en el hemisferio norte, la recopilación de datos generalmente se realiza durante el verano, luego se analiza y se entrega a los sistemas de administración de mantenimiento a fines del otoño, sin embargo durante el invierno y la primavera, el camino generalmente se enfrenta a un continuo ciclo de congelación /descongelación (un período muy dramático en la vida de una carretera con cambios extremos de aspereza), donde los valores de IRI que eran “exactos” hace casi un año pueden no ser los mismos por más tiempo.

Debido a estas circunstancias surge la idea de recopilación de datos de rugosidad basados en teléfonos inteligentes que son esencialmente un “Response Type Road

Roughness Measuring System – RTRRMS” (sistema de medición de la rugosidad del camino de tipo respuesta), se puede realizar a bajo costo y monitorear los cambios diariamente. En el caso de las heladas y las oscilaciones,

puede decir cuándo y dónde está sucediendo, también se puede usar en el invierno para determinar el rendimiento de remoción de nieve, además se puede usar ventajosamente en contratos basados en el rendimiento o en investigaciones sobre el deterioro de las carreteras en diversos efectos ambientales (como lluvias intensas, inundaciones, etc.) y otros fines.

Cabe mencionar que los sistemas basados en teléfonos inteligentes como Roadroid podrían desafiar el conocimiento de los viejos caminos con respecto a estándares, procedimientos y formas existentes de obtener resultados.

La recopilación de datos con teléfonos inteligentes no competirá directamente con las mediciones de perfiles de precisión de Clase 1, sino que las complementará de manera poderosa, esta aplicación "Roadroid" tiene un alto grado de precisión, clasificando en la clase 2/3, indicando que posee un buen rendimiento y proporciona un IRI adecuado.

Sin embargo, llegar a utilizar un Smartphone requirió de mucho tiempo y varios prototipos desarrollados e investigados por el equipo Roadroid, explicados a continuación los primeros prototipos 2002-2006 (Julio César López Huaynate, 2019).

En otras palabras, la aplicación Roadroid es un sistema para monitorear la condición de las vías, por medio de un teléfono inteligente. Esto consiste en:

1. Una aplicación que recoge las vibraciones de la vía con la función de acelerómetro del teléfono - y del GPS para posicionarlo.
2. Un servicio de internet para monitoreo y transferencia de los datos de la condición de la vía, esto para el sistema de gestión del mantenimiento de las vías.

La aplicación utiliza GPS y sensores de acelerómetro en teléfonos inteligentes para registrar la ubicación y la aceleración.

Las salidas del sensor se procesan luego para calcular los valores de IRI, así como para baches y jorobas en las carreteras. La aplicación finalmente visualiza los valores de IRI calculados y los baches y las jorobas se idéntica en un mapa, utilizando AutoNavi map SDK.

La aplicación analiza las vibraciones de la vía 100 veces por segundo (en 90 km/h una señal cada 25 cm). Sobre estos 100 ejemplos, es calculado y guardada un valor de la condición de la vía con las coordenadas del GPS (Dr. Theuns.F.P Henning, 2014).

Grafica 8 simulación de la aplicación ROADROID



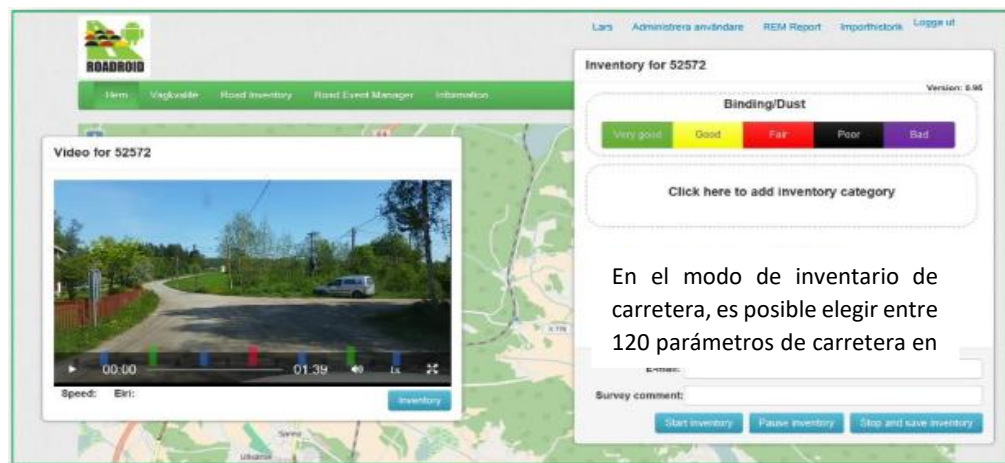
Fuente:(Dr. Theuns.F.P Henning, 2014)

Hay fórmulas complejas detrás del análisis de la señal y el resultado se expresa en un parámetro global - Índice de rugosidad Internacional (IRI). Así que, cada segundo un valor de IRI se guarda en X, Y y Z según información del GPS.

- ✓ GPS-vídeo e inventarios visuales de carreteras
- ✓ Es importante montar el teléfono con la lente de la cámara despejada (vista clara).
- ✓ La calidad de video es HD 720p y 30 FPS - con o sin sonido.
- ✓ Mientras se reproduce el vídeo, un marcador se mueve en el mapa para mostrar la ubicación.
- ✓

En la grafica 9 podemos observar el tipo de colores y la calidad de video, además de la disipación de la nube.

Grafica 9 caracterización de la aplicación Roadroid por color



Fuente:(Dr. Theuns.F.P Henning, 2014)

El resultado del inventario visual de la carretera se guarda en el sistema y puede ser visto en una vista de inventario de carreteras. Esta vista tiene la posibilidad (In the road inventory mode & its possible to choose from 120 road parameters in 10 categories.,)

Trazar el resultado en el fondo del mapa - y también puede extraer en el segmento preferido longitudes para la importación en su sistema de gestión de activos.

Roadroid

- ✓ Aplicación para Smartphone para el control de carreteras
- ✓ Sistema de gestión de datos de carreteras

La interface de servicio Después de que los datos son trasferidos, puede ser monitoreada en un mapa.

A los datos se asigna 4 colores dependiendo de la condición de la vía. Verde para bien, Amarillo para satisfactorio, Rojo de Insatisfactorio y Negro para los malos a continuación en la gráfica 10 se observa un ejemplo del adecuado montaje y de los datos obtenidos con la aplicación.

Grafica 10 mapa digitalización en la nube de la aplicación Roadroid



Fuente:(Dr. Theuns.F.P Henning, 2014)

- ✓ El aparato mide las vibraciones con acelerómetro interno y capturar fotos/vídeos con coordenadas GPS.

- ✓ Los datos se suben a una nube servicio después de la encuesta, cuando tienes una conexión.

Aplicación de teléfono inteligente para estudios viales

- ✓ Analice las vibraciones de la carrocería del automóvil en 100-200 Hz
- ✓ Calcula dos valores IRI y datos GPS

Posibles configuraciones

- ✓ Tres tipos de automóviles (automóvil pequeño - mediano / grande - 4WD tipo Hilux)
- ✓ Tipo de teléfono: ajusta la sensibilidad para un IRI estimado (eIRI)
- ✓ Sensibilidad y longitud de segmento para un IRI calculado (cIRI)

Exactitud

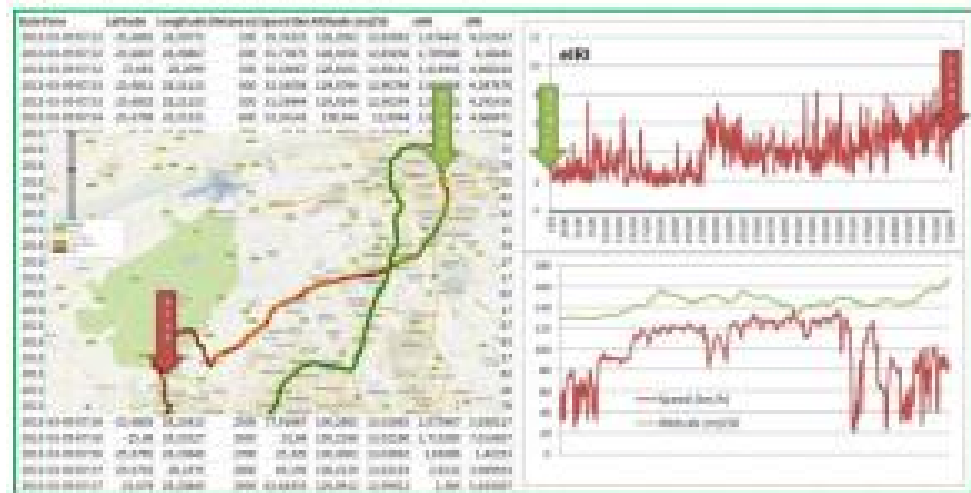
- ✓ Roadroid es un sistema de encuestas de tipo respuesta. Es según los bancos mundiales
- ✓ Nivel de calidad de la información 3 (IQL3). Un vehículo de levantamiento láser es IQL1.
- ✓ IQL3 ofrece aproximadamente un 80% de precisión en comparación con IQL1.
- ✓ ¡Puede calibrar el sistema a un IRI conocido para una sección!
- ✓ Es posible obtener una correlación R^2 hasta 0,8 - con la sintonización y velocidad correctas.
- ✓ La velocidad de la encuesta es importante para una buena correlación. La mejor correlación con el IRI es alcanzada en 70-80 km / h. Se calculan dos valores de IRI:

Sistema de gestión de datos viales (RDMS)

- ✓ Los datos se cargan en Internet, donde tiene una buena conexión.
- ✓ Los datos de la encuesta son de tamaño pequeño y se pueden cargar fácilmente con 3G / 4G

Los datos son agregados en secciones de 100m, y pueden ser descargados para análisis y gráficos en Excel como se aprecia en la gráfica 11.

Grafica 11 la aplicación Roadroid puede exportar datos a Excel y Google Earth



Fuente: (Dr. Theuns.F.P Henning, 2014)

- ✓ Los archivos de foto / video son grandes y deben cargarse en una buena red WiFi
- ✓ El RDMS tiene una cuenta de usuario con ciertas unidades (IMEI) conectadas a él
- ✓ Cada inicio / parada en la aplicación se importa como un archivo de encuesta al sistema

En el grafico 2 se observa el proceso en campo y las posibles formas de procesar los mismos más adelante se explicarán uno a uno.

Grafica 12 Proceso de toma y evaluación de datos de la aplicación Roadroid

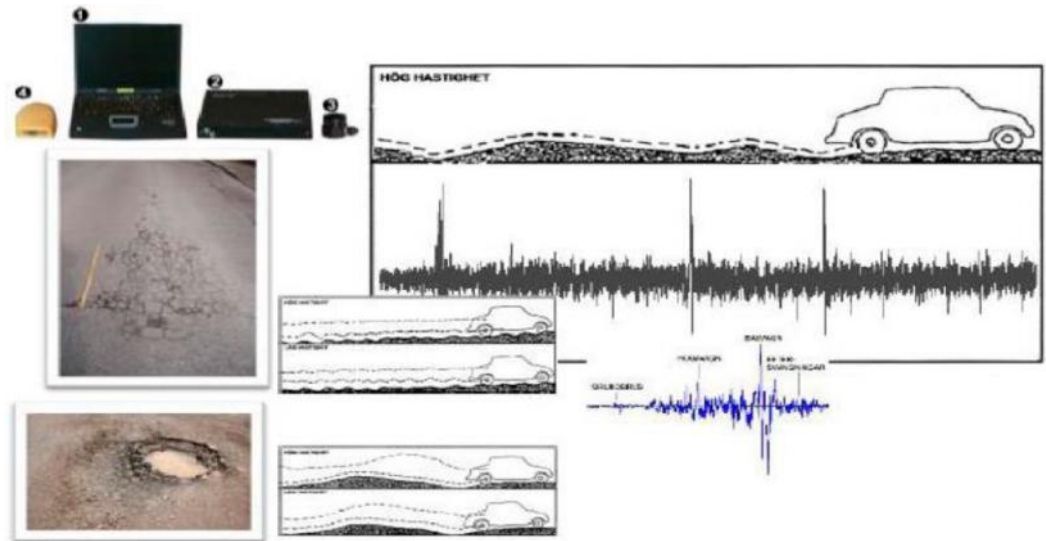


Fuente:(Dr. Theuns.F.P Henning, 2014)

5.11. HISTORIA DE ROADROID

El primer boceto fue realizado en el año 2001 y el prototipo se vio reflejada en el año 2002, en ese momento los teléfonos inteligentes aún no se habían inventado, así que utilizaron un PC con un acelerómetro externo, un amplificador de señal y una unidad GPS a continuación en la gráfica 13 observamos equipos en la 1 fase de la aplicación.

Grafica 13 Primer prototipo presentado en el año 2002



Fuente: (Lars Forslöv & Hans Jones, 2015a)

Desde el año 2002 hasta el 2006, se desarrolló el sistema basado en un PC, cables y acelerómetros, sin embargo, el resultado no era satisfactorio, pero en estos estudios comprendieron que las vibraciones pueden expresar la condición vial.

En el año 2010 el equipo de trabajo analizó los teléfonos inteligentes donde se percataron que estos incluían un acelerómetro. Así que los ingenieros; Lars (Ingeniero de vías, procesos y director del proyecto), Hans (Ingeniero informático y experto en programación en tiempo real) y Tommy (Ingeniero informático y ahora un experto en bases de datos viales y consultor en el núcleo de los Sistemas de Gestión de Tráfico en Suecia), se reunieron para analizar las vibraciones y tipos de vehículos, niveles de frecuencia, el acelerómetro y modelos de Smartphone. En el año 2011 hicieron pruebas de campo extensas (gráfica 14) reuniendo la experiencia antigua con la nueva tecnología.



Fuente: (Dr. Theuns.F.P Henning, 2014)

Durante el año 2012, solicitaron a algunas ciudades que fueran los primeros en adoptar la app sin costo alguno y fue la ganadora regional del “satélite Navigation Competition Europeean”. Ya en el año 2013 ganaron el Premio (UN World Summit Award) como la mejor aplicación de administración electrónica móvil.

Para vías de bajo volumen, Roadroid es accesible, fácil de usar, rentable y objetiva.

En las vías de alto estándar, Roadroid da una posibilidad para las alertas tempranas y para monitorear los cambios de rugosidad que se abre con el tiempo, esto abre nuevas perspectivas a la gestión de activos y desempeño basado en el mantenimiento.

5.12. EL SISTEMA ROADROID:

Roadroid es un sistema para monitorear la condición de las vías, por medio de un teléfono inteligente o Smartphone.

Esta aplicación recoge las vibraciones de la vía o camino con la función de acelerómetro del teléfono y del GPS para posicionarlo, además se necesita un servicio de internet para el monitoreo y transferencia de los datos de la condición de la vía, esto sirve para el sistema de gestión del mantenimiento de las vías.

Según la guía de Roadroid al tomar los datos de la vía, la velocidad está afectado directamente en el resultado de la encuesta, por lo tanto, es recomendable mantener una velocidad constante, siendo la mejor correlación para los métodos de clase 3 (tipo respuesta) alrededor de 70- 80 km / h. Sin embargo, el sistema se puede ajustar para velocidades de levantamiento hasta de 30 km / h.

La aplicación analiza las vibraciones de la vía 100 veces por segundo (en 90 km/h una señal cada 25 cm). Sobre estos 100 datos, es calculado y guardada un valor de la condición de la vía con las coordenadas del GPS, es decir el IRI se

guarda en X, Y y Z (este, norte y cota o latitud, longitud y altitud) en el teléfono y luego son trasladados por WiFi o 4G a un servidor en la nube.

Después que los datos hayan sido transportados por los medios descritos, pueden ser monitoreados en un mapa al igual que la gráfica 15, donde se asigna 4 colores dependiendo de la condición de la vía: Verde para bien, Amarillo para satisfactorio, Rojo de Insatisfactorio y Negro para los malos como muestra la tabla 10.

Grafica 15 Mapeo del sitio analizado por Roadroid



Fuente: (Lars Forsl f & Hans Jones, 2015a)

Tabla 10 Condición de la Vía según ROADROID

CONDICIÓN DE LA VÍA	eIRI	COLOR
BUENA	< 2.2	Verde
SATISFACTORIO	2.2 - 3.6	Amarillo
NO SATISFACTORIO	3.6 - 5.4	Rojo
POBRE	> 5.5	Negro

Fuente: (Dr. Theuns.F.P Henning, 2014)

Además, investigaciones realizadas por diferentes instituciones en todo el mundo, como el Banco Mundial, la ONU, universidades y empresas de ingeniería vial, encontraron resultados donde muestran una correlación de hasta el 80% que alcanza un IRI clase 3 y eIRI.

5.13. IRI ESTIMADO (eIRI):

Según Hans J. y Lars F. (2014), para obtener el eIRI se tuvieron que correlacionar datos de mediciones de IRI clase 1 (rayo láser). Al ser comparados cientos de enlaces por carretera, estableció un factor de correlación y estimaron un valor eIRI.

El coeficiente de determinación inicial (R^2) fue de 0,5 (50%), que se consideró satisfactorio (Figura 11). De esta manera según Sayers, creador de Roadroid, el eIRI pertenece a la clase 3 según los métodos de medición de IRI. (Julio César López Huaynate, 2019).

5.14. IRI CALCULADO (cIRI):

Aun con mayor investigación interna de Roadroid, desarrollaron el IRI calculado, que se basa en el modelo de cuarto carro desarrollado por el Banco Mundial. Donde Sayers confirma que si se calibra correctamente puede satisfacer las demandas de mediciones de condición de la carretera para la clase 2.

Sin embargo, para que represente el cIRI a una clase 2, se necesita una velocidad estable de 60 a 80 km / h, pero el sistema se puede ajustar para velocidades de levantamiento hasta de 30 km / h. En los modelos de cuarto de carro se simulan dos pesos de balanceo con el movimiento de la carrocería del automóvil. Por lo tanto, se estima el movimiento de la carrocería en los datos del acelerómetro y una variable de calibración del vehículo, que el operador manipula en la aplicación.

La validación de los datos de muestra y la salida IRI se realizaron con el software ProVal (Profile Viewing and AnaLysis). ProVal es la herramienta más utilizada, validada y confiable para el análisis del perfil de pavimento según los desarrolladores (The Transtec Group) y sus clientes de EE. UU., La Administración Federal de Carreteras (FHWA, por sus siglas en inglés) y el Programa de desempeño de pavimentos a largo plazo (LTPP) (Julio César López Huaynate, 2019).

6. ESTADO DEL ARTE

Las diferentes investigaciones que se han realizado alrededor del mundo se podrían indicar que tiene como objeto la evaluación del IRI y las consecuencias de tener condiciones no favorables para el usuario, adicionalmente el estudio de las aplicaciones de nuevas tecnologías y su respectivo calculo.

En primer lugar, tenemos la investigación que han demostrado los efectos de las condiciones del pavimento de asfalto en los accidentes de tráfico este estudio se llevó a cabo en el estado de tennessee del sur de EE. UU y fue realizada por Chun Yip Chan, Baoshan Huang, Xuedong Yan y Stephen Richards en él 2010 denominada Investigación de los efectos de las condiciones del pavimento asfáltico en los accidentes de tránsito en Tennessee con base en la gestión del pavimento sistema (PMS).

Conviene destacar que se desarrollaron 21 (veintiuno) modelos de Regresión Binomial Negativa para predecir varios tipos de tráfico frecuencias de accidentes basadas en diferentes variables de la condición del pavimento, incluyendo la rutina profundidad, el Índice Internacional de Rugosidad y el Índice de Capacidad de Servicio Actual.

El objetivo principal de este estudio era comprender la relación entre el deterioro del pavimento y frecuencia de los accidentes con el fin de desarrollar estrategias de gestión de pavimentos que puedan reducir la frecuencia de accidentes relacionados con el pavimento. Se evaluó con diferentes parámetros y deterioro del pavimento para diferentes tipos de accidentes, de hecho, se incluyó todos los accidentes, diurnos, nocturnos y asimismo se interpretó bajo condiciones meteorológicas de lluvias y bajo condiciones de lluvia, en horas de alto flujo vehicular y bajo. Estos modelos predictivos individualmente no mostraron resultados importantes derivados del mal estado de las vías como consecuencia de accidentalidad, al contrario, los accidentes durante la noche y los accidentes en condiciones meteorológicas de lluvia. que hace que aumente la frecuencia de los accidentes

Por otro lado, el modelo PSI es una mejor herramienta para predecir el número de accidentes que los modelos RD y IRI relacionados con mal estado pavimento tenían un mejor rendimiento estadístico

En conclusión, la incorporación de los factores de seguridad en los sistemas de gestión de pavimentos podría mejorar la seguridad del tráfico y la calidad de conducción de los conductores, y establecer proyectos de mantenimiento de pavimentos de acuerdo con los niveles específicos de deterioro del mismo.

En segundo lugar, se realizó por Mounica Vinayakamurthy, Michael Mamlouk, Shane Underwood, a fin de un análisis en las carreteras de los estados de Arizona, Carolina del Norte y Maryland durante los años entre 2013 y 2015 para investigar la relación entre la tasa de accidentes y la calidad de conducción del pavimento (aspereza) y la profundidad de los surcos.

Se recopilaron dos tipos principales de datos en los cuales se analizan los choques de los registros de accidentes y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y datos de profundidad de surcos de la base de datos del sistema de gestión de pavimentos en cada estado.

Como resultado los segmentos de carreteras accidentadas representaron el 37% y el 48% de la longitud total de la red utilizando segmentos de 1 milla. Adicionalmente los valores de IRI demostró que las malas condiciones de la vía y la aparición de surcos no es el único factor de accidentalidad, por lo contrario, debe estar combinada con otras condiciones como el alto tráfico, factores humanos, condiciones climáticas y etc.

Es preciso concluir que el valor promedio de la profundidad crítica del surco por encima del cual la tasa de accidentes comienza a aumentar fue casi el mismo para los tres estados con un valor promedio de 0.4 pulgadas. (Chan et al., 2010b)

En segundo lugar, tenemos la investigación por Forslof Lars en el año 2012 con el título Roadroid - Supervisión de la calidad de las carreteras mediante teléfonos inteligentes en el cual se muestra la visión de ROADROID.

para empezar la aplicación quiere crear un estándar internacional de calidad vial que ayude a mejorar la calidad y el confort y hacerla más sostenible desde una perspectiva de vigilancia global.

Esta vigilancia se realizaría por medio de un sitio web para crear estándares y competitividad. Además, la aplicación está diseñada para teléfonos inteligentes Android y puede medir y monitorear fácilmente la calidad de la carretera y también usar la cámara para fotos con etiquetas de GPS.

Para sintetizar la aplicación se basa en varios años de investigación para la Administración de Carreteras de Suecia en cooperación con el inventor y los ingenieros de Roadroid.

A modo de cierre está correlacionado con el estándar internacional IRI y puede proporcionar a los usuarios una imagen diaria de la calidad de la carretera y ser una poderosa ayuda en el seguimiento operativo. Además, no es un sustituto es con el fin de obtener respuestas económicas y rápidas de alta calidad es galardonada con el programa Born Global para empresas de TIC con potencial global, nominada nacional para el premio World Summit Award in Mobile Content y compete en "Galileo masters".(Forslof, 2012)

En tercer lugar, tenemos un análisis que va dirigido a los países insulares del pacífico en los cuales se presentan dificultades tanto logísticas como económicas, el municipio de análisis Tarawa Sur de la República de Kiribati en el 2014 con el nombre evaluación de un medidor de rugosidad para smartpone.

Con el fin de evaluar el uso de la aplicación Roadroid, como aplicación de bajo costo para evaluar el IRI, Los datos fueron recolectados usando el Roadroid, que se descargó en un Samsung Galaxy SIII smartphone el cual es el recomendado por los desarrolladores de la aplicación, y montado en un automóvil hatchback, se apoyó en el parabrisas y se calibró se recopilaron datos de rugosidad a lo largo de 24 km de la carretera principal, en ambas direcciones de carril, desde el puente de peaje de Betio Causeway hasta el aeropuerto internacional de Bonriki,

Al inicio del estudio realizaron la calibración de los equipos, los cuales se midieron repetidamente en la pista de asfalto del aeropuerto internacional de Bonriki en diferentes velocidades.

Además, en este estudio presentaron problemas en obtener una velocidad promedio mayor a 50 km/h debido en gran medida al mal estado de la vía, adicionalmente no fue posible comparar con un perfilómetro laser debido a que en este municipio no se encuentran este tipo de equipos.

El estudio amplió la investigación del rendimiento de y la efectividad a obtener los mismos resultados del Roadroid, de manera análoga se evaluó la aplicación en varios vehículos dos de la misma marca y uno (Suzuki Grand Vitara) se emplearon en este ejercicio en Tonga, pero la aplicación presento un error, por esta razón no se registro

En conclusión, se muestra una confiabilidad en la aplicación a la hora de reportar el IRI y tener una fácil interacción para programar y calibrar, sin embargo, existen problemas que solucionar. (Schlotjes1 et al., 2014)

En cuarto lugar, tenemos la investigación evaluación de la tecnología de telefonía móvil de bajo costo para el consumidor para medir los valores del índice internacional de rugosidad (IRI), realizado por T. Hanson, C. Cameron y E. Hildebrand en el año 2014.

En resumen, se evaluó tres teléfonos inteligentes en tres vehículos comerciales y en diferentes velocidades además en 11 escenarios de prueba en un tramo de 1000 m de carretera secundaria en New Brunswick Provincias Marítimas orientales de Canadá.

Asimismo, Estos datos fueron comparados con los datos del IRI de una inercia de Clase 1 equipo perfilómetro el cual desarrollo la metodología detallada utilizada para la obtención de los valores IRI de diseños a partir de la información de campo disponible, reportada durante la ejecución de una rehabilitación de carretera, así como la obtención de los datos a utilizar para representar la geometría de la vía, y finalmente, describen el procedimiento del mecanismo para la determinación de tolerancias en el control de la rugosidad media deslizante.

En conclusión, en 9 de las 11 pruebas obtuvieron resultados promedio que estaba entre el 10% de los resultados comparables con el perfilómetro, las

posibles causas de la variación fue el tipo de montaje, tipo de vehículo, tipo de celular, la velocidad no fue un factor determinante a la hora de realizar las comparaciones.

Adicionalmente el tipo de montaje tipo T fue el que les produjo menor desviación estándar, por lo anterior descrito se puede inducir que la tecnología de bajo costo para consumo del consumidor

Finalmente, una mayor investigación de estos y otros factores podría conducir a la elaboración de factores de corrección que podrían aplicarse a hacer que los valores calculados de IRI se acerquen más a los valores de la Clase 1. Con los resultados de la resonancia magnética. Es necesario automatizar el proceso de reunión y análisis de datos, incluida la incorporación de datos de coordenadas del GPS.

Es necesario investigar para determinar cuál de esos pasos podría incorporarse a una aplicación de consumo para teléfonos inteligentes, y si se podría desarrollar un programa informático para simplificar los pasos de procesamiento de datos.

En quinto lugar, tenemos la tesis recopilación automática del estado de la carretera datos con smartphone realizado por L. Forslof en el año 2014 con el fin de responder preguntas tales como ¿Qué tan preciso es la aplicación y recolección de datos?, ¿cómo es la recolección de datos? y ¿qué beneficios trae el uso de nuevas tecnologías?, para responder estas preguntas se realizó una prueba con 25 personas divididas en 12 autos/equipos han estado conduciendo entre 5,000 y 15,000 kilómetros por auto en la provincia de Gävleborg al oeste de Suecia.

Se propone una colaboración colectiva pública en la cual, por medio de unas encuestas con un celular, de igual manera esto en si significa un problema para vender la idea de que el público debería descargar una aplicación y recopilar datos. Adicionalmente Hay una gran cantidad de modelos de teléfonos con sensores muy diferentes, y modelos de automóviles extremos.

Aunque esto permitiría beneficios a un largo plazo como la planificación y oportuna intervención de las vías. (Forslof, 2014)

En sexto lugar, la investigación titulada un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vías de desarrollo, realizada por Macea-Mercado L. Morales, L. Márquez, L. Díaz en el año 2015.

Cabe destacar que el presente escrito propone y discute la implementación de un sistema con énfasis en países en vía de desarrollo, que pretendan el uso de nuevas tecnologías que facilitan la toma y análisis de información para los procesos de gestión de pavimentos, con tiempos y costos razonables.

Con el objeto de recolectar información se conectó una cámara de escaneo por línea con sensor tipo CCD instalada en la parte posterior, una computadora con un sistema de administración de datos (SAD) para digitalizar la información de deterioros de la vía en un mapa.

Se puede concluir que los resultados son bastante confiables, por otro una solución a bajo costo y de fácil interacción, adicionalmente quedan cosas por mejorar como es que el conductor no dirija la llanta hacia el punto defectuoso, ya que de esto depende el muestreo del equipo. (Macea-Mercado et al., 2016)

En séptimo lugar tenemos la cuantificación del impacto del estado de la carretera en la emisión de gas, realizada por Oscar Daniel González en el año 2015.

Igualmente se usó la aplicación Roadroid para la obtención del IRI, por otro lado, se tomó los datos de emisiones de gases obtenidas por PEMS, además se comparó los datos obtenidos

(González & Daniel González, 2015) Se obtuvieron datos relevantes en el cual la aceleración, desaceleración, velocidad, etc. tiene una gran importancia en la emisión de gases, además la correlación entre IRI y emisión de gases se ve afectada se vio bastante afectada por la variabilidad de PEMS por eventos esporádicos, por lo cual recomiendan realizar mediciones de los PEMS en diferentes momentos para comparar y descartar cualquier variable y poder determinar con eficacia la afectación de la rugosidad en las emisiones de gases. (González & Daniel González, 2015)

En octavo lugar tenemos la tesis denominada la aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en lima, en el cual abarca la presentación de los conceptos y normas pertinentes del tema de IRI para pavimentos urbanos realizada en lima Perú.

El presente estudio presenta un concepto de la funcionalidad de la aplicación Roadroid, en el cual se realiza tres ensayos y se compara el estimado y los obtenidos por la aplicación a lo largo de una arteria principal para mostrar la variación que se puede obtener con variable la velocidad.

Por consiguiente, es importante concluir que en la comparación entre un equipo clase II y la aplicación existen varias variables, como es la recopilación de datos X, Y y Z, también las pequeñas vibraciones podrían generar variables en el cálculo, por otro lado, se presenta como una propuesta más económica.

Finalmente se comparó el eIRI y cIRI a diferentes velocidades y la variación apenas de 1.6 % y se halo una correlación de 0.42. (Carlos Ignacio Almendra Cueto, 2015)

En noveno lugar Lars Ford y Hans Jones en el 2015 proponen el estudio del monitoreo continuo del estado de las carreteras con teléfonos inteligentes por medio de la aplicación Roadroid.

Para esto se concentra principalmente en averiguar si la aplicación es lo suficientemente consistente durante las mediciones de IRI en una prueba de 72 km en Sudáfrica, además con diferentes condiciones del vehículo como velocidad, trayectoria de la carretera, cargas y presión de los neumáticos, etc. La conclusión declarada fue que Roadroid podría producir buenos resultados si se estandarizaran los indicadores clave mencionados.

En síntesis, la medición con la aplicación puede proporcionar de manera eficiente, para diferentes proyectos viales ejerciendo una confiabilidad igual a lo de los equipos clase II o III. (Lars Forsslöf & Hans Jones, 2015b)

En décimo lugar contamos con el estudio del uso de teléfonos inteligentes para estimar la rugosidad de la carretera un estudio de caso en pavo, el presente estudio se realizó en 18 (dieciocho) ciudades y provincias de Turquía (Ankara, Afyonkarahisar, Amasya, Antalya, Artvin, Burdur, Bolsa, Corum, Erzurum, Eskisehir, Eskişehir, Gümüşhane, Isparta, Kutahya, Tamaño, Samsung, Trebisonda, Bayburt, Kırıkkale) en 3259 km de carreteras el cual se llevó acabo en él 2017.

De ello resulta necesario decir que, el 84,4% de las carreteras turcas tienen buenas condiciones de rugosidad, 7,9 % satisfactorias, 3,8 insatisfactorias y 3,8% malas. Muestra que aproximadamente el 4% de las carreteras turcas necesitan mantenimiento urgente.

Además, los resultados del estudio experimental confirman que Roadroid tiene un gran potencial para evaluar correctamente el estado de rugosidad de la superficie de la carretera, incluso bajo obstáculos como baches, alcantarillas y marcas de desaceleración. (Metin Mutlu Aydin et al., 2017)

En onceavo lugar se presenta el trabajo de grado comparación del índice de rugosidad internacional (IRI) a partir de información obtenida por métodos fotogramétricos realizado por Liliana Fernanda Angarita Arias y Juan Carlos Sánchez Archila en el año 2017.

Es por ello que este trabajo se basa en el cálculo del IRI empleando técnicas de fotogrametría por medio de vehículos aéreos no tripulados teniendo como referencia o punto de comparación dos metodologías empleadas actualmente como lo son el nivel topográfico y el escáner laser.

Igualmente se realizó una comparación del método fotogramétrico con el escáner laser, el cual genero resultados con diferencias tolerables abriendo la posibilidad de utilizar metodologías que analicen toda la superficie e identificar deterioros en el pavimento, generando valores agregados al cálculo del IRI.

Se realizaron 4 vuelos en una pista de prueba para contar con suficiente información para su posterior proceso esto se llevó acabo en la ciudad de Bogotá

D.C. en Colombia. Los vuelos se realizaron de 10 y 20 metros de altura cada uno con direcciones de vuelo tanto longitudinales como transversales

Como resultado de la investigación se observó que existen variabilidad en el método fotogramétrico respecto al escenografía laser, además el método convencional topográfico tiene inconvenientes tales como la recolección de grandes datos, al igual que un mayor tiempo comparado con el fotogramétrico.

En doceavo lugar tenemos la investigación realizada por Myles Johnston en el año 2018 con el nombre uso de teléfonos celulares para monitorear la rugosidad de la carretera.

Con la intención de identificar la respuesta de la aplicación se realizó la búsqueda de una carretera que permitiera evaluar un pavimento con alto deterioro, deterioro medio, urbano, rural, alta velocidad y baja velocidad.

Cabe destacar que el deterioro alto contiene perdidas de asfalto, grietas baches y sellos de borde roto, en el sitio de deterioro medio contiene ciertas perdidas de viruta y pequeñas sesiones de agrietamiento

Finalmente se indica que los resultados comparativos entre el sistema laser tradicional. Y los datos recopilados muestra una similitud general del 81%. (Johnston, n.d.)

En treceavo lugar tenemos el estudio del estado de superficie en carreteras usando una aplicación de teléfono inteligente, en la cual participo lucas Cavalcante de Almeida, Francisco Heber Lacerda de Oliveira, Saulo Passos Ramos en el 2018.

Con el objeto de evaluar la aplicación Roadroid con una velocidad promedio de 80 km/h para pavimento flexible, para pavimento rígido una velocidad promedio de 50 km/h y para carretera sin pavimentar una velocidad promedio de 33 Km/h, los tramos analizados se ubican en la región metropolitana de fortaleza, en Sertón en el país de Brasil, se analizaron un total de 415 km, además de los tramos entre las ciudades de Chorozinho a Itaitinga, Quixeramobim a Madalena, Pirangi y Chorozinho entre Caninde y Fortaleza , además avenida Dioguinho y el cuarto anillo de Fortaleza en donde se presentan los 3 tipos de pavimentos.

Finalmente se comparó los resultados con el nivel y mira a cada 10 metros, en el cual se encontró un 63% de confiabilidad, también se encontró que el pavimento rígido presento una gran similitud entre los dos métodos, el pavimento flexible tiene una variación estándar de un 80.73% y que las vías sin pavimentar presento un IRI más alto.(Cavalcante De Almeida et al., n.d.)

En catorceavo lugar tenemos la tesis realizada por Kaiyue Zang, Haosheng Huang, Mi Wan y Jiafeng Shi, la cual tiene como nombre Evaluación y mapeo de la rugosidad de la superficie de la carretera basada en GPS y sensores de

acelerómetro en teléfonos inteligentes montados en bicicleta el cual fue publicada en el año 2018.

con el fin de probar un método o algoritmo que por medio de un teléfono pueda medir la rugosidad superficial de carreteras no transitables, como carriles para peatones y bicicletas. Esto dificulta muchas aplicaciones relacionadas con peatones, ciclistas y usuarios de sillas de ruedas. Al reconocer estas lagunas en la investigación, este artículo propone un método para medir la rugosidad de la superficie de los carriles para peatones y bicicletas basados en Global Sistema de posicionamiento (GPS) y sensores de acelerómetro en teléfonos inteligentes montados en bicicleta.

Esto permitirá muchas aplicaciones interesantes, como navegación y enrutamiento para bicicletas, peatones y sillas de ruedas, y mantenimiento de carreteras.

Para esto se recorrieron en pavimento flexible 1495 m, de pavimento rígido 480 m, combinación entre flexible y sin pavimentar 650 m y vías sin pavimentar 230 m, también estaban segmentados en 8 (ocho) tramos, los cuales están ubicados en el campus de la universidad de Xianlin de la universidad normal de Nanjing del país de China, en el cual se realizó 6 (seis) recopilaciones por cada tramo de a dos grupos y asignando 3 (tres) personas para cada uno, en el cual también variaba el tipo de bicicleta grupo A (bicicleta de montaña y soporte de fijación) el grupo B por otro lado (bicicleta de ciudad y fijación directa)

Como resultado de la comparación de los dos grupos se evidencia que la desviación estándar se reduce cuando el camino es mas accidentado, con una diferencia promedio insignificante de 1.80 m/km.

Se puede concluir que existe una gran confiabilidad en el algoritmo para medir el IRI en carreteras no accesibles y/o identificar sobresaltos en la vía, pero quedan muchas cosas por mejorar como que sea amigable para el usuario, identificar el tipo de bicicleta, la ubicación del celular en la bicicleta incluir el GPS y el acelerómetro del teléfono para recolección de datos como ubicación y velocidad y luego visualizados en un mapa (Zang et al., 2018)

En quinceavo lugar tenemos la investigación realizada por Camacho Pampamallco y Shiamely Yoshira en el año 2018, la cual denominaron evaluación y análisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Puno en Perú aplicando el método Roadroid y el rugosímetro de merlín.

Con la intención de recopilar datos de rugosidad se escogió una de las vías más transitadas de la ciudad de Puno la Av. Floral (carril derecho y carril izquierdo), además se realizó un análisis y comparación con dos métodos tales como es el método tradicional (Rugosímetro de Merlín) y un método innovador (Aplicación del Roadroid).

Por consiguiente, se obtuvieron Un IRI promedio con la aplicación Roadroid de 7.15 carril derecho y 5.98 carril izquierdo y el rugosímetro merlín 7.48 carril derecho y 5.97 carril izquierdo por lo que se concluye que se encuentra en la escala de IRI entre un pavimento viejo y sin pavimentar por lo que se requiere labores de mantenimiento

Finalmente se concluye que la aplicación obtuvo valores muy cercanos al rugosímetro por lo que se muestra como una opción viable para la obtención de indicadores y toma de decisiones. (Evaluación et al., 2018)

En dieciseisavo lugar tenemos la tesis aplicación del método (Roadroid) para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) mediante smartphone, realizada por Gregorio Alexander Gutiérrez Quispe, con el objeto de obtener datos y compararlos se realizó la medición con la aplicación Roadroid y el método tradicional mira y nivel.

Para sintetizar se escogió una carretera del tramo I de la red vial departamental de Oruro evaluadas de la localidad Sepulturas a Cala Cala ubicado en Bolivia, en los cuales se realizó un total de 1000 m, los resultados obtenidos con la aplicación son de 3.05 m/km y de la mira y el nivel se obtuvo 3.20 m/km, además para filtrar los valores en el programa ProVal en la cual se debe realizar si es que los datos recolectados por los equipos preferiblemente el perfilómetro con los rangos menores a 25 cm.

A modo de cierre se encuentra un parecido entre los datos obtenidos por la metodología clásica y la aplicación en un 95.26%, en los cuales los valores de la aplicación están en su mayoría por debajo del perfil longitudinal del método tradicional. (Evaluación et al., 2018)

En diecisieteavo lugar se encuentra la tesis realizada por Franco Emanuel Latorre Gamboa, con el título aplicación del sistema Roadroid utilizando smartphone para diagnosticar la uniformidad superficial del pavimento en el centro urbano de Chiclayo, realizado en el 2018 en la ciudad de Chiclayo en el país de Perú, surge con la necesidad de diagnosticar la uniformidad superficial del pavimento.

En el cual se evaluó 38 vías pavimentadas del centro urbano, para esto se usó un carro estándar una soporte genérico y smartphone, el cual la interpretación y lecturas del IRI se hizo por medio de la aplicación Roadroid.

(del Sistema Roadroid Utilizando Smartphone & Emanuel Latorre Gamboa, n.d.) Finalmente se observa que el rango 2.5 m/km establecido por la norma peruana, también en la avenida Tumbes se obtuvo un valor 3.29 m/km, pero el máximo se obtuvo en la avenida José Rivadeneira y Tejada con un valor de 28.523 m/km, por lo que se consideró que el 60% de las vías se encuentran en condiciones del mal estado y necesitan un mantenimiento. (del Sistema Roadroid Utilizando Smartphone & Emanuel Latorre Gamboa, n.d.)

En diecinueveavo lugar tenemos el análisis comparativo del índice de rugosidad internacional del pavimento de la AV. La cultura de la ciudad del Cusco mediante el aplicativo para smartphone Roadroid y el rugosímetro electrónico BUMP integrador B1-100^a y rugosímetro de Merlín, presentado por Anderson Jhussety Lloclla Huaychao y Kevin Kenyo Sánchez Hurtado en el año 2019.

Con el objeto de la recopilación de datos se usó como vehículo una camioneta cerrada de la marca Toyota, el cual fue considerado para la aplicación del tipo 4WD (hilux/King cab), Así mismo se utilizó un celular de la marca Xiaomi modelo note 6 pro y un sujetador de teléfono, además las lecturas en la ciudad de Cusco de Perú.

Por consiguiente los resultados que se obtuvieron del carril de bajada tiene los valores de IRI de 7.31m/km, 6.75 m/km y 6.79 m/km mediante rugosímetro de merlín, rugosímetro electrónico Bump Integrador y las lecturas con la aplicación Roadroid sucesivamente con un promedio de 6.95 m/km y en el carril de subida con los datos de 3.88 m/km , 3.98 m/km y 3.04 m/km teniendo un IRI promedio de 3.63 m/km.

En conclusión, se encuentra en un estado más deteriorado en el carril de bajada que el de subida y en ambas vías los valores del índice de rugosidad internacional se encuentran fuera de los límites establecidos dentro de la norma NTP CE 0.10. (Anderson Jhussety Lloclla Huaychao Bach Kevin Kenyo Sánchez Hurtado, n.d.)

En veinteavo lugar tenemos la investigación realizada por Anthony Alberto Goicochea Salvador en el año 2019 y la cual titulo aplicación del sistema Roadroid utilizando smartphone en el diagnóstico de la rugosidad del pavimento de la av. e. Meiggs.

La presente investigación se centra en la recolección de datos de rugosidad superficial en 2 tramos en la Av. Enrique Meiggs, uno de los tramos va estadio Manuel Rivera Sánchez hasta el cruce de la Av. José Gálvez t la Av. Enrique Meiggs con un total de 3.4 km, ubicada en la ciudad Nuevo. Chimbote en Perú.

A modo de cierre se concluye que los datos recolectados que tiene un porcentaje de 67.2% de datos en buen estado, sin embargo, se presenta un 10.8%, en donde los resultados obtenidos que no generan satisfacción dependieron de sobre saltos y de pérdida de rodadura.

No obstante, la vía se encuentra en general en buen estado y genera un viaje confiable y seguro. (Anthony Alberto Goicochea Salvador, 2019)

En veintiunavo lugar tenemos la tesis Aplicaciones de teléfonos inteligentes para el cálculo de la rugosidad del pavimento de las carreteras de Sri Lanka, presentada por Dy Galagoda, Niranga Amarasingha en el año 2019.

Con la intención de determinar el estado de las vías y obtener lecturas de IRI, se usaron dos aplicaciones de Android para estimar la aspereza de la carretera que se puede utilizar para recopilar datos sobre el estado de la carretera de manera rentable. El estudio se realizó en 20 tramos de carreteras nacionales en Sri Lanka Sri Lanka ubicado al sur de la india.

Este documento demostró una relación entre los valores de IRI, recopilados por dos aplicaciones de teléfonos inteligentes basadas en Android y los valores de IRI obtenidos de Laser Profiler por RDA, por lo que se puede concluir que la aplicación Roadroid puede ser utilizada como un equipo para determinar la rugosidad superficial de pavimentos, ya que proporciona datos de manera eficiente y con grandes beneficios técnicos. Dado que los datos de rugosidad del pavimento juegan un papel vital en la gestión del mantenimiento de las carreteras. (Galagoda & Amarasingha, 2019)

En veintidosavo lugar tenemos la tesis realizada por Kevin Geanpierre Manco Castillo y con el nombre análisis de la variabilidad del índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera baños del inca – Llacanora, utilizando el equipo Merlín y la aplicación Roadroid en un smartphone y presentada en el año 2020.

Con el objeto de obtener comparar y para obtener mediciones del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la carretera Baños del Inca – Llacanora, dicha carretera está clasificada como Tercera Clase en unos 400 m.

para el carril Derecho tenemos un IRI = 1.94 m/km, un eIRI = 2.40 m/km y un PSI = 3.51, además para el carril Izquierdo tenemos un IRI = 2.34 m/km, un eIRI = 2.73 m/km y un PSI = 3.26, teniendo en ambos carriles un confort y seguridad “Buena”. Adicionalmente se comparó los resultados de ambos métodos obtenemos una variabilidad que oscila entre el 0.00 % y 156.95%, con coeficientes de determinación (R^2) 0.2276 y 0.4044 para el carril derecho e izquierdo respectivamente; lo cual representa una relación positiva baja.

En pocas palabras en los resultados obtenidos con la aplicación Roadroid y el rugosímetro Merlín, se debe a que mientras en un método se obtiene lecturas directas del pavimento en estudio en el otro se obtienen lecturas basadas en las vibraciones del chasis de un vehículo. (Geanpierre et al., 2020)

En veintitresavo lugar la investigación realizada por José Augusto Coral Gonzales y Fernando Jesús León Acosta en al año 2020, bajo el nombre índices de la condición superficial del pavimento para determinar el modelo de regresión en la avenida defensores del morro.

con el fin de realizar el estudio en el distrito de Chorrillos provincia de lima en el país de Perú en donde se recolectó los datos, en el cual haciendo el uso de la aplicación Roadroid para el caso de IRI y para el PCI se usó una inspección visual mediante el uso de una GoPro para la grabación y toma de fotos mediante una cámara profesional.

En conclusión, Los índices de condición superficial evaluados en la Avenida Defensores del Morro se relacionan directamente mediante el modelo de regresión polinómica de segundo grado $PCI = 1.3761 (IRI)^2 - 20.085(IRI) + 83.69$ con un coeficiente de correlación $R=0.80$ por lo que el valor de R tiende a 1 demostrando una relación positiva y directa (si el IRI aumenta el PCI aumenta y viceversa) pero no perfecta indicando la confiabilidad del modelo de regresión. (JOSÉ AUGUSTO CORAL GONZÁLEZ & FERNANDO JESÚS LEON ACOSTA, 2020)

En veinticuatroavo lugar tenemos la tesis con el nombre evaluación de las condiciones de las carreteras utilizando métodos PCI y la aplicación Roadroid en el km.12-km. 15 en el 2021 en la región especial de Yogyakarta.

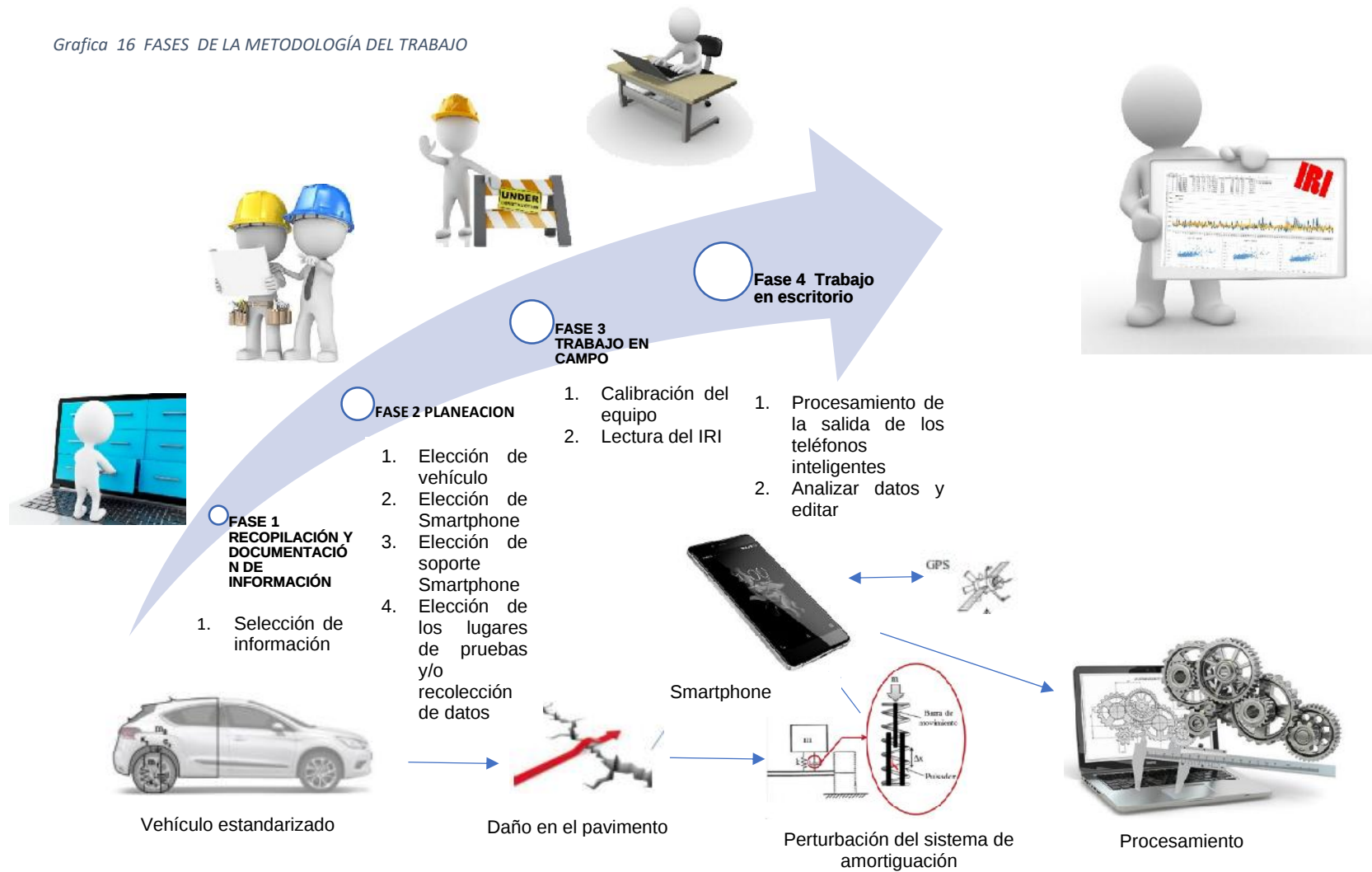
Evaluación de las condiciones del pavimento utilizando el método PCI con inspección visual, además para la obtención de datos del IRI se usó la aplicación Roadroid en un tramo de 3 km.

Sinterizando el valor PCI obtenido es 81,79% y el valor IRI obtenido es de 2,8 m/km. Por otro lado, según el porcentaje de condiciones de la carretera se muestran diferencias muy visibles entre el método PCI, ya que el porcentaje de vías en buen estado es del 100% y en cambio en la aplicación Roadroid es de un 87% en buen estado. (GHINA ROHMITA, 2021)

7. METODOLOGÍA

El principal alcance de esta investigación es verificar que tan acertado puede ser la lectura del IRI por medio de la aplicación Roadroid y un Smartphone al compararlo con una lectura convencional con perfilometro laser, se realizó lecturas tanto urbanas como rurales para medir la eficiencia de la aplicación con velocidades entre 20 km/ h y 70 Km/h, además de realizar la relación con el PCI a continuación en la gráfica 16 se observa la metodología del trabajo.

Grafica 16 FASES DE LA METODOLOGÍA DEL TRABAJO



7.1. FASE 1

7.1.1. RECOPIACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE INFORMACIÓN

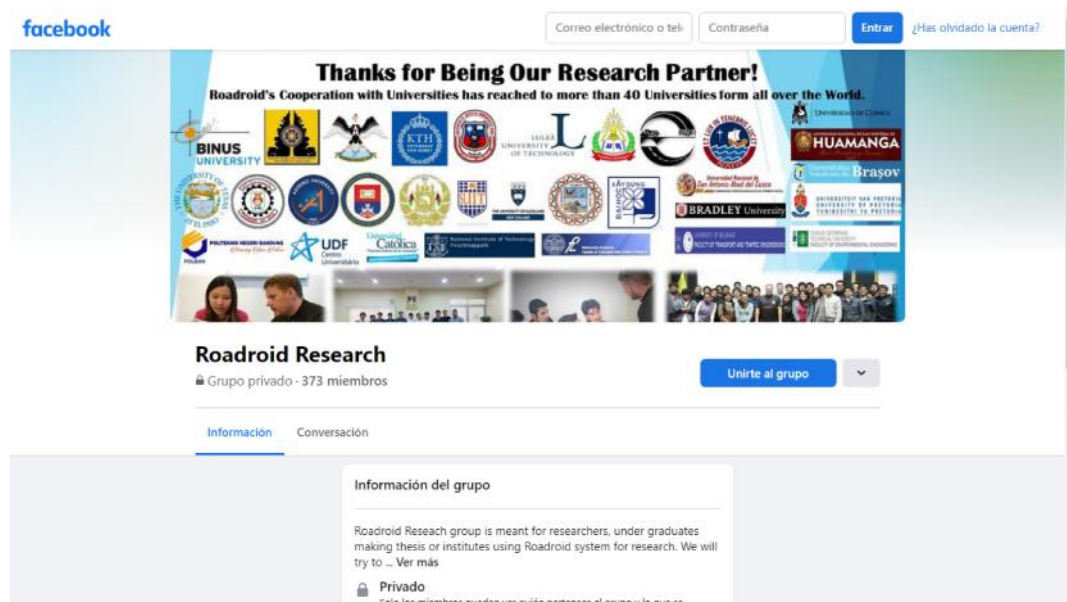
La recopilación de información correspondiente a los avances y o marco teórico de lectura del IRI se basó en documentos encontrados en la base a los estudios de cálculo del IRI y sus métodos tradicionales.

El estudio de casos de aplicaciones en la identificación del IRI y sus aspectos, adicionalmente estudios de la aplicación Roadroid realizados al rededor del mundo.

Finalmente se realizó la conexión con los creadores y administradores de la aplicación Roadroid y de la empresa que va a realizar la recolección de datos con perfilómetro laser, por consiguiente, se realizó la formalización y siguiendo los pasos para obtener una licencia gratuita estudiantil.

) Debe unirse al grupo de investigación de Facebook de Roadroid en <https://www.facebook.com/groups/1692473247697430/>

Grafica 17 Vista de la página de grupo de investigación Roadroid



Fuente: (Basir Habibi & Lars Forslof Arbetet, 2016)

) Se completo el formulario de registro y se envió al correo basir.habibi@roadroid.com con copia a lars.forslof@roadroid.com para continuar con el proceso, entonces al diligenciar debemos indicar el nombre de la institución nombres, correos y enlace de la aplicación LinkedIn y título del asesor y del investigador, además los objetivos de la y una descripción de lo que se desea obtener en la investigación.

Grafica 18 Formulario para acceder a la licencia de estudiante



Please fill in demo account details

1. Organization/Intuition	
Organization Name:	
Organization Type: [University, Research Entity, Private Company, etc.]	
Official Domain/Website [Organization's]	
Contact Person: (Professor/Dean/Head of Dept./ Line Manager)	
Name:	Email:
Last Name:	Telephone/Mobile:
Designation/Title:	Website/LinkedIn/Blog/Official Profile Link
2. Researcher/Student	
Name:	Email:
Last Name:	Telephone/Mobile:
Country:	Website/LinkedIn/Blog:
Research topic and description:	
The Result of the Research:	
Is there any other party involved in this research other than you and your university? Yes	
If yes please describe:	
Mobile IMEI no 1	
Mobile IMEI no 2	

Fuente: (Basir Habibi & Lars Forslof Arbetet, 2016)

7.2. FASE 2

La aplicación tiene unas variables que se deben definir en este paso, además de la elección de los sitios de estudio, como la elección del vehículo, tipo de soporte, tipo de celular entre otros.

7.2.1. ELECCIÓN DE VEHÍCULO

Posibles vehículos

- ✓ Automóvil pequeño
- ✓ Automóvil mediano
- ✓ Automóvil grande
- ✓ Vehículo 4WD tipo Hilux

Se uso dos tipos de vehículos el Vehículo 4WD tipo Hilux para la comparación de la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser grafica 19 y grafica 20.

Grafica 19 Vehículo usado para la medición de IRI y comparación con Roadroid Ford 150



Fuente: Propia

Grafica 20 Vehículo usado para la medición del IRI exclusivamente aplicación Roadroid Ford Ecosport



Fuente: Propia

7.2.2. ELECCIÓN DE SMARTPHONE

La aplicación utiliza GPS y sensores de acelerómetro en teléfonos inteligentes para registrar la ubicación y la aceleración.

Para la realización de esta investigación se usó un smartphone marca Samsung y modelo SM-A715F – Galaxy A71.

Además, es importante ya que la aplicación utiliza GPS y sensores de acelerómetro en teléfonos inteligentes para registrar la ubicación y la aceleración a continuación en la tabla 11 se observa las principales características del equipo celular.

Tabla 11 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SMARTPHONE ELEGIDO Y LOS CAULES PERMITE LA RECOPLACION DE DATOS

SAMSUNG GALAXY A71 CARACTERÍSTICAS AVANZADAS		
LANZAMIENTO	Anunciado	2019, Diciembre
	Dimensiones	163.6 x 76 x 7.7 mm
TAMAÑO	Peso	179 g
	Materiales	Frente de vidrio, cuerpo de plástico
PLATAFORMA	OS	Android 9.0 Pie
	UI	One UI
	Procesador	Qualcomm SDM730 Snapdragon 730 octa-core 2.2GHz
	GPU	Adreno 618
MEMORIA	Interna	6/8GB RAM, 128GB almacenamiento interno
	Slot de tarjeta	microSD, hasta 512GB
CÁMARA	Principal	Cuádruple, 64 MP (f/1.8, PDAF, wide) + 12 MP (f/2.2, ultrawide) + 5 MP (f/2.4, macro) + 5 MP (f/2.2, profundidad)
	Funciones	autofocus por detección de fase, flash LED, IA, geo-tagging, HDR
	Video	2160p@30fps, 1080p@30/240fps
	Frontal	32 MP, f/2.2, 1080p, HDR
CONECTIVIDAD	Wi-Fi	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac; Wi-Fi Direct; banda dual
	Bluetooth	v5.0 LE, A2DP
	GPS	GPS con soporte A-GPS, GLONASS, GALILEO, BDS
	USB	USB Type-C 2.0
	NFC	Si (según mercado)
	Puerto infrarrojo	No
CARACTERÍSTICAS	Sensores	Acelerómetro
		Proximidad
		Luz ambiente

SAMSUNG GALAXY A71 CARACTERÍSTICAS AVANZADAS		
		Giroscopio
		Brújula digital
		ANT+
	Seguridad	Lector de huellas (bajo pantalla)
		Desbloqueo facial
	Resistencia al agua	No
	Mensajería	SMS, MMS, Email, Push Mail, IM
	Navegador	HTML5
	Colores	Negro, Plateado, Azul, Rosa
	Extras	Visor de documentos
		Editor de fotos
		ANT+

Fuente: Samsung

7.2.3. ELECCIÓN DE SOPORTE SMARTPHONE

Existe en la actualidad una variedad de soportes para teléfono los principales los mencionamos a continuación:

a) Soporte de parabrisas



Fuente: (Copyright © 1999-2022
MercadoLibre Colombia LTDA, 2022)

b) Soporte en T



Fuente: (Copyright © 1999-2022
MercadoLibre Colombia LTDA, 2022)

c) Soporte en espejo retrovisor



Fuente: (Copyright © 1999-2022
MercadoLibre Colombia LTDA,
2022)

d) Soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo Largo.



Fuente: (Copyright © 1999-2022
MercadoLibre Colombia LTDA, 2022)

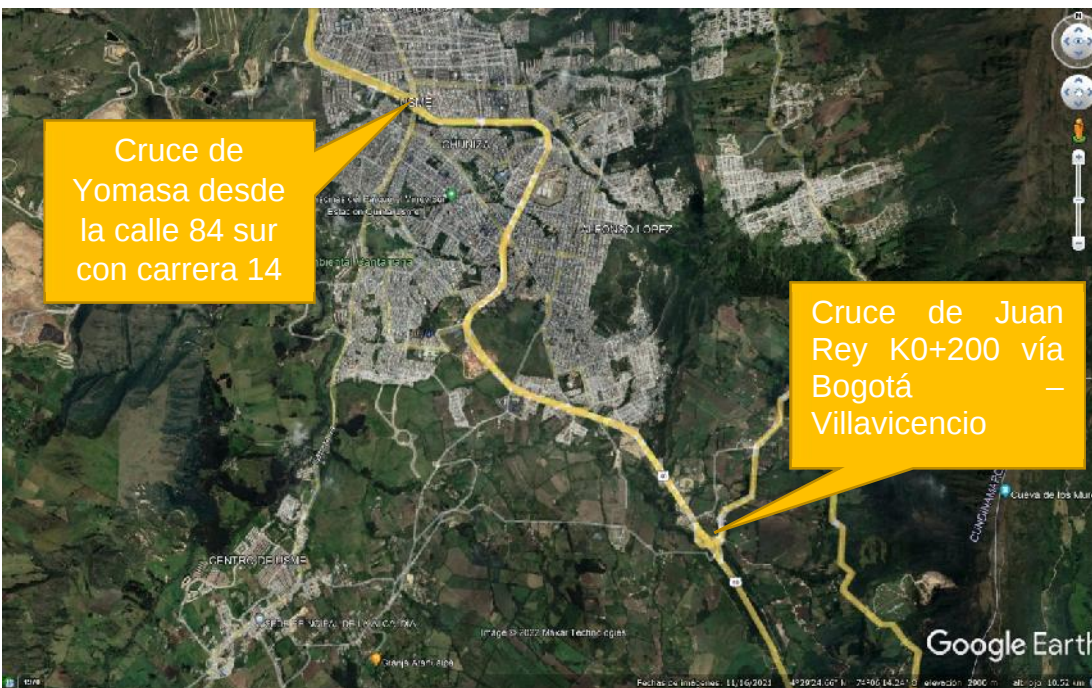
Del mismo modo en esta investigación se realizó recolección de datos con los soportes a, c, y d. También es importante resaltar como se muestra más adelante es fundamental para la obtención de buenos resultados la elección del soporte

7.2.4. ELECCIÓN DE LUGARES DE PRUEBA Y/O RECOLECCIÓN DE DAOS

Para la elección de los lugares se usó vías tanto rurales concesionadas como la vía Bogotá – Villavicencio en un aproximado de 8 Km, además de la vía Bogotá – La Vega – Villeta, también vías urbanas de la ciudad de Bogotá Colombia tales como la carrera 80 y vías aledañas, además la calle 50 y la salida Bogotá – Villavicencio a la altura del cruce de Yomasa al cruce de Juan rey.

En primer lugar, se eligió el sector que corresponde a la recolección de datos de la salida Bogotá hacia Villavicencio a la altura del cruce de Yomasa desde la calle 84 sur con carrera 14 hasta el cruce de Juan rey K 0+200 vía Bogotá – Villavicencio ver grafica 21 con la ubicación.

Grafica 21 Ubicación sitio escogido cruce de Yomasa hasta el cruce de Juna rey



Fuente:(Google. (s.f.)., 2022)

Con esta prueba se quería evaluar la continuidad de la recolección de datos de la aplicación y el montaje del celular al para brisas.

En según lugar se eligió sector de estudio para calibrar la aplicación y el perfilómetro laser en la calle 80 aproximadamente entre las carreras 50 y 68 de la ciudad de Bogotá ver grafica 22 con la ubicación.

Grafica 22 Ubicación sitio escogido calle 80 entre carreras 50 y 68



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

En tercer lugar, tenemos el estudio del peaje Boquerón K4+100 al cruce del municipio de Chipaque Cundinamarca y/o vía Bogotá – Villavicencio K 12+100, ver grafica 23 con la ubicación.

Grafica 23 sitio escodido via bogota villavicencion entre peaje boqueron K 4+ 100 y K 12-200



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

En cuarto lugar, tenemos el sector de la calle 80 y aproximadamente entre la Av. Boyacá y la carrera 50, ver grafica 24 con la ubicación.

Grafica 24 el sitio escogido es Calle 80 entre la Av. Boyaca y carrera 50



Fuente: (Google. (s.f.)., 2022)

En quinto lugar, tenemos la medición realizada en la carrera 60 entre transversal 59a y la glorieta de la 63, ver grafica 25 con la ubicación.

Grafica 25 sitio escogido carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63



Fuente:(Google. (s.f.)., 2022)

En sexto lugar, tenemos el sector de la vía Bogotá – la Vega entre los K16+300 al K24+700 retorno Bogotá al Rosal, además se eligieron otros dos sitios para el reporte final en la vía Bogotá – La Vega – Villeta, ver grafica 26 con la ubicación.

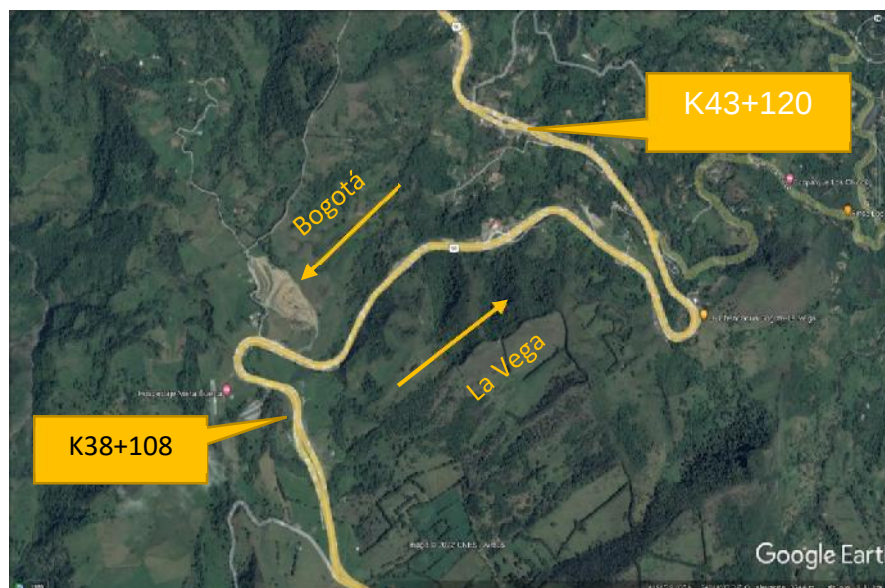
Grafica 26 sitio escogido K16+300 al K24+700 retorno Bogotá al Rosal



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

En séptimo lugar tenemos la vía Bogotá – la Vega entre los K38+108 al K43+120 retorno Bogotá a la Vega, ver grafica 24 con la ubicación.

Grafica 27 sitio escogido K38+108 al K43+120 retorno Bogotá al la Vega



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

En séptimo lugar tenemos la vía la Vega – la Villeta entre los K62+550 al K56+600 retorno a la Vega a Villeta, ver grafica 28 con la ubicación.

Grafica 28 sitio escogido K62+550 al K56+600 retorno a la Vega a Villeta



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

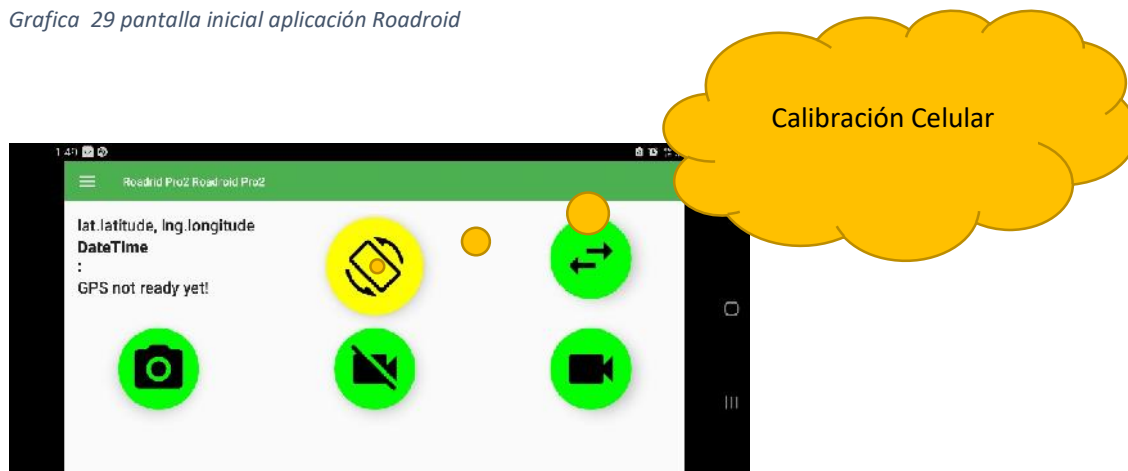
7.3. FASE 3

7.3.1. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPO Y/O APLICACIÓN ROADROID

Como primera medida se realiza el montaje del Smartphone y la aplicación en X, Y, Z. también se debe calibrar el tipo de vehículo cada cuanto se van a tomar mediciones 5, 10, 20 etc., no obstante, es importante mencionar que se realizó un test de prueba solo con la aplicación y el smartphone en vías urbanas de la ciudad de Bogotá en Colombia desde la calle 84 sur con carrera 14 hasta la calle 115 sur con transversal 6h este en ambos sentidos y un solo carril izquierdo y adicionalmente se realizó una medición comparativa con el perfilómetro laser en la avenida 80 con carrera 68 hasta la avenida 80 con carrera 50 carril derecho en ambos sentidos.

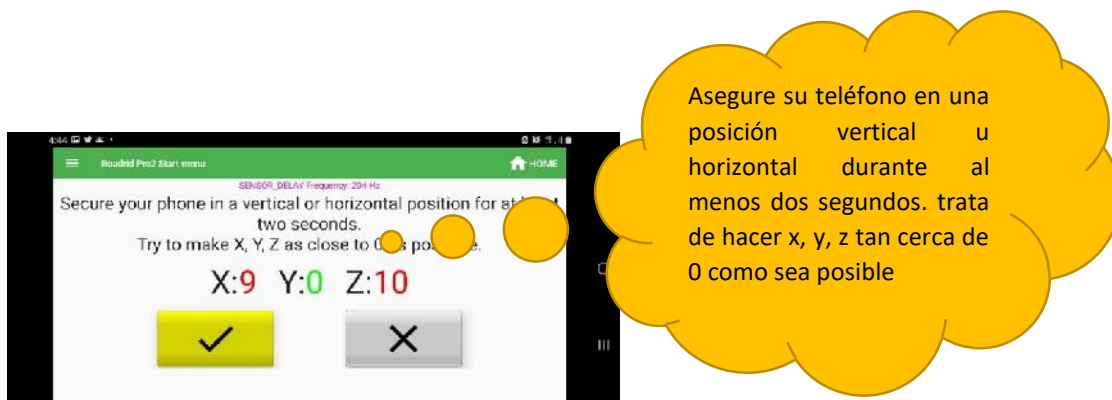
En la grafica 29 a la 40 se observa la interacción con la aplicación y su debida configuración

Grafica 29 pantalla inicial aplicación Roadroid



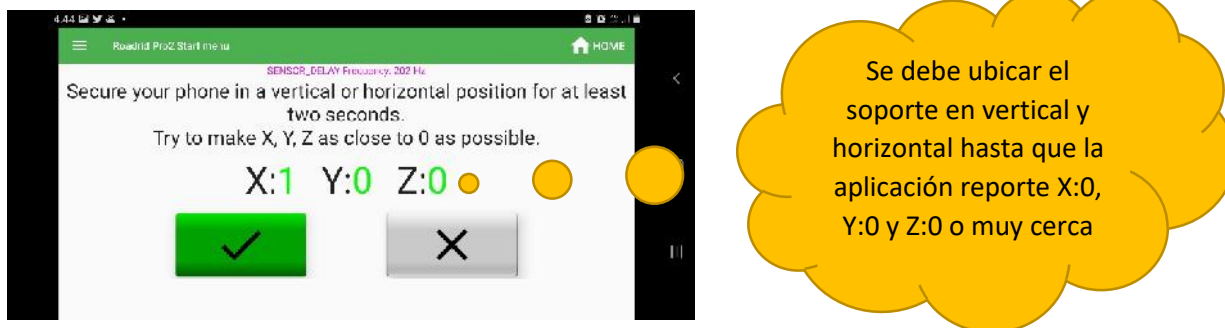
Fuente: propia, captura de pantalla

Grafica 30 Reporte de la aplicación Roadroid y calibración en vertical y horizontal X, Y, Z antes de calibrar



Fuente: captura de pantalla de la aplicación Roadroid

Grafica 31 Reporte de la aplicación Roadroid y calibración óptima en X, Y, Z



Fuente: captura de pantalla de la aplicación Roadroid

Grafica 32 calibración en X



Fuente: propia, montaje sobre parabrisas

Grafica 33 Calibración en Y



Fuente: propia, montaje sobre parabrisas

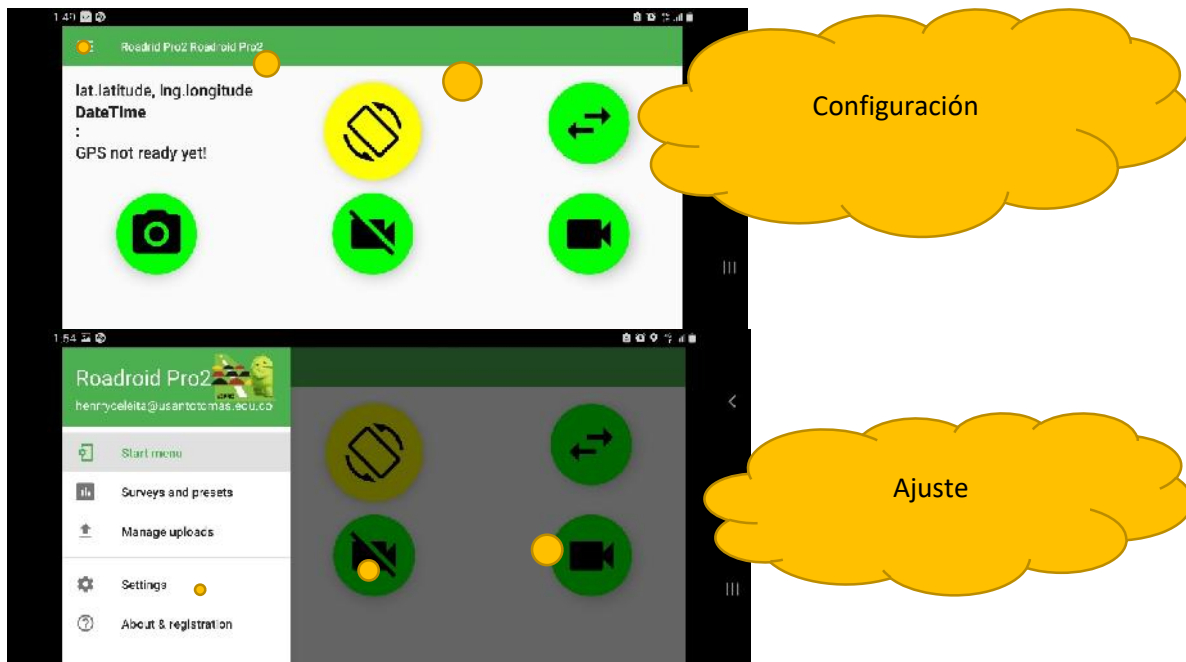
Grafica 34 calibración en Z



Fuente: propia, montaje sobre parabrisas

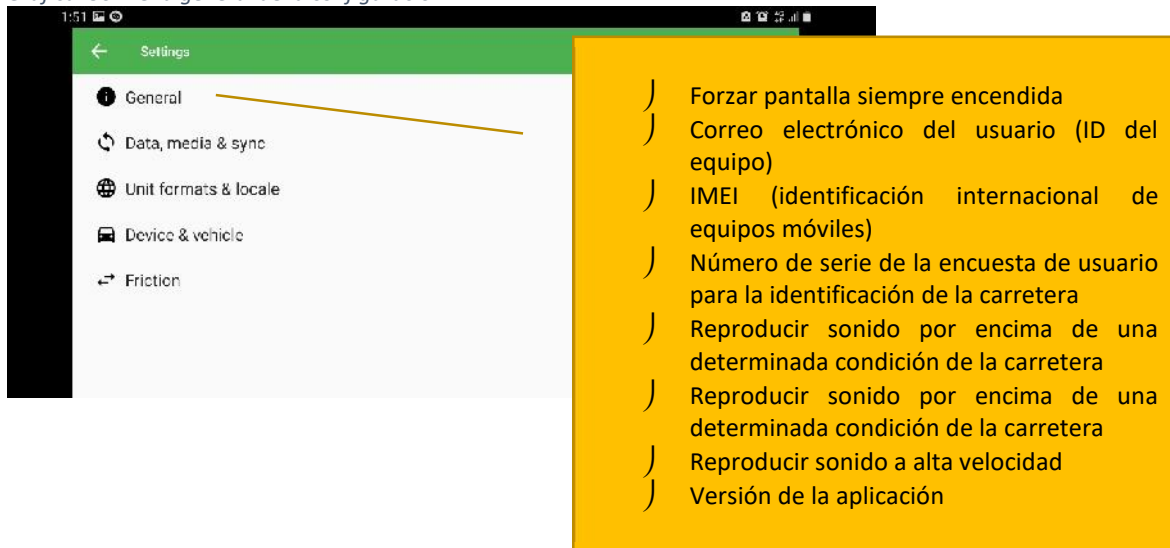
Asimismo, se debe configurar en la aplicación el tipo de vehículo como la distancia de toma de puntos y si se toma video o fotos, sensibilidad de la aplicación para recolectar datos etc.

Grafica 35 Pantalla inicial para acceder a la configuración de la aplicación



Fuente: Propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid

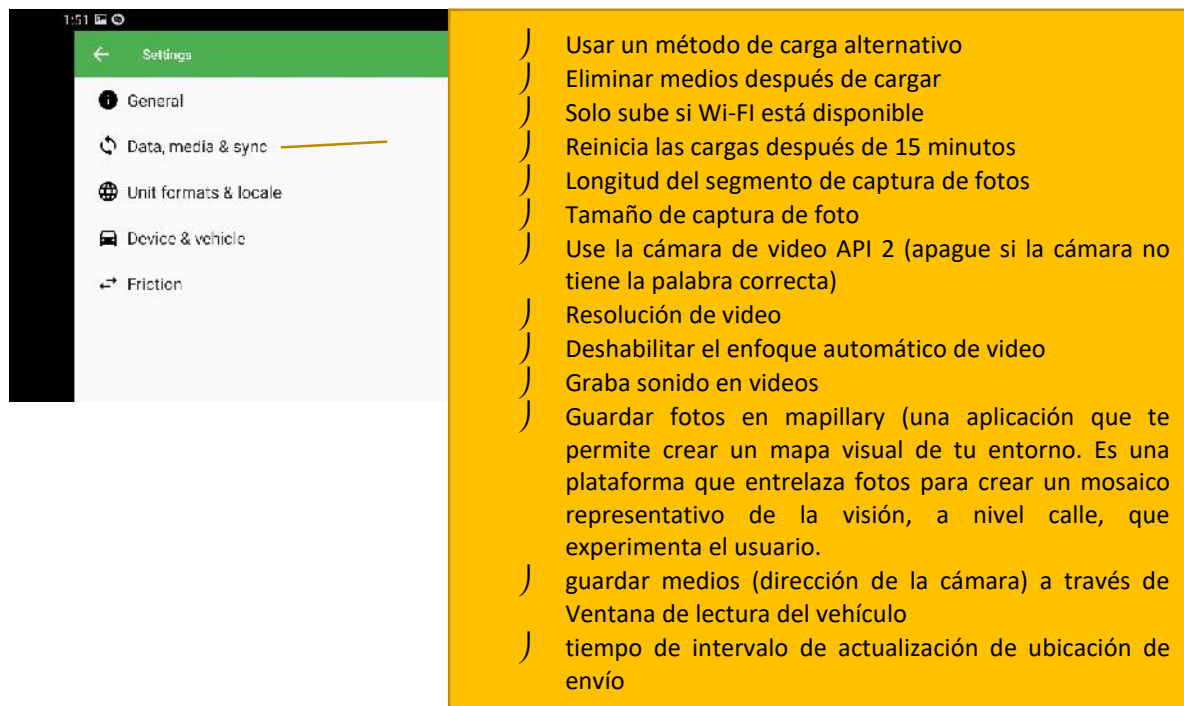
Grafica 36 Menú general de la configuración



Fuente: Propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid

Se debe ingresar el correo registrado y el IMEI del celular en el cual se va a recolectar los datos, se debe tener mucha precaución ya que si no se ingresa adecuadamente los valores la aplicación no guarda las mediciones realizadas.

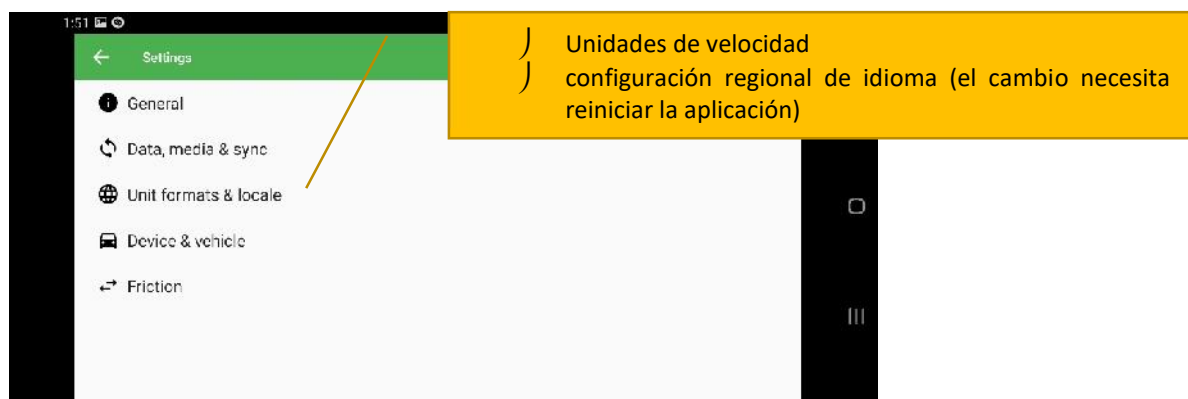
Grafica 37 configuración de medios de datos y sincronización



Fuente: Propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid

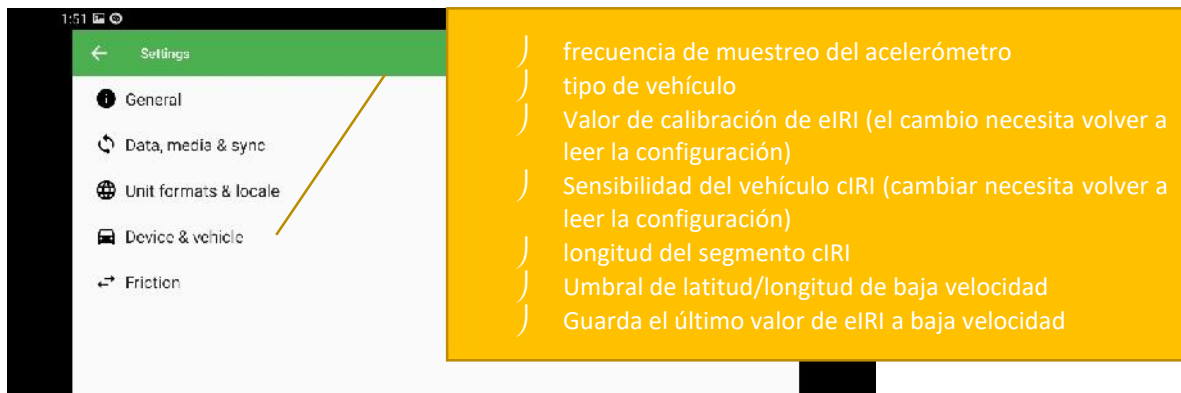
Se debe configuración de subida de la información a la nube, adicionalmente la configuración de toma de video y/o fotografía en el cual se configura la resolución y cada cuanto se realiza

Grafica 38 configuración de formatos de unidades y configuración regional



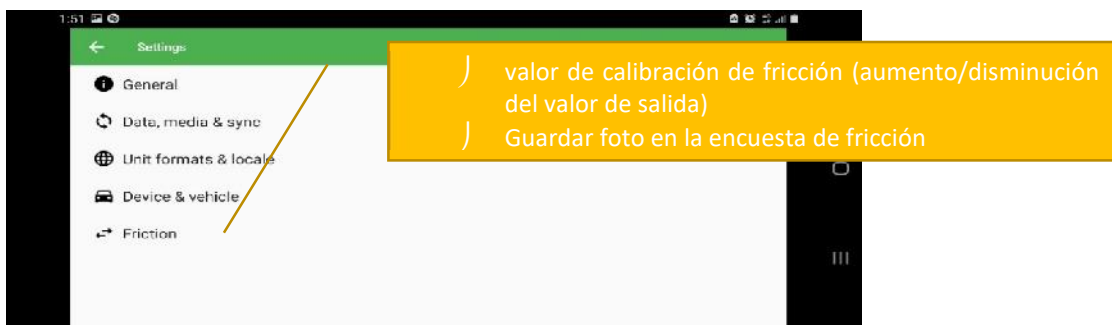
Fuente: Propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid

Grafica 39 Configuración Dispositivo y vehículo



Fuente: Propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid
Esta configuración es importante se ingresa el tipo de vehículo, adicionalmente se cambió la sensibilidad de eIRI que viene por defecto, debido a que los resultados de la segunda medición no fueron los óptimos.

Grafica 40 configuración de fricción



Fuente: Propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid
Esta configuración se dejó por defecto, según la recomendación de los creadores de la aplicación.

Adicionalmente para la recolección de datos con el perfilómetro laser se debió realizar la adecuación de los diferentes accesorios como se muestra a continuación

7.3.3. MONTAJE DE LOS EQUIPOS PERFILÓMETRO LASER Y APLICACIÓN ROADROID

Para este paso se debió realizar la ubicación de los equipos Odómetro, portátil y GPS para el montaje del Perfilómetro laser y encender la batería adicional el inversor de voltaje junto con el DPU "unidad de procesamiento y recepción de la información de los equipos periféricos tales como odómetro, los 3 laser, y 2

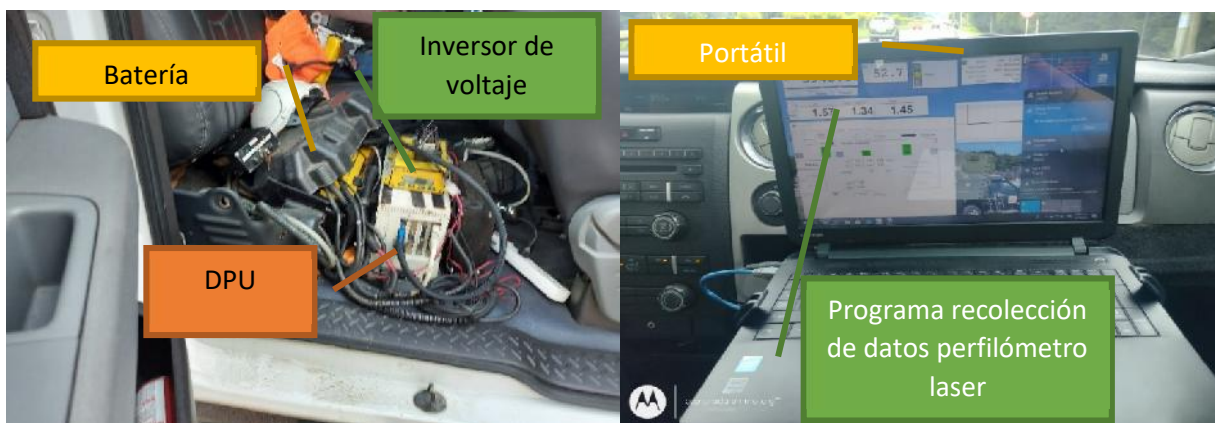
acelerómetros, GPS y cámara, para luego ser enviados al PC que tiene un software de operación del equipo gráfica 41 y 42.

Grafica 41 componentes del perfilómetro laser



Fuente: Propia

Grafica 42 Adaptación internas de vehículo para la recolección de datos del perfilómetro laser



Fuente: Propia

En cambio, para el montaje de Roadroid solo tenemos que adecuar el soporte del Smartphone y ubicamos el equipo, abrimos la aplicación y el GPS, para posteriormente calibrar el equipo en X, Y, Z esto se debe realizar en todas las oportunidades de la toma de lecturas con la aplicación como se puede observar en la grafica 43 el montaje del equipo.

Grafica 43 componentes para realizar lecturas con la aplicación Roadroid



Fuente: Propia

7.3.4. LECTURAS DE IRI CON LA APLICACIÓN ROADROID Y PERFILÓMETRO LASER

Después se procede a realizar las lecturas con la aplicación Roadroid en algunos sitios como son las pruebas 2, 4, además con el perfilómetro laser y la aplicación Roadroid cabe destacar que esta lectura se realizó para correlacionar los datos de cada equipo.

Por otro lado, la prueba N.º 1 se realizó, pero la aplicación no recolectó los datos debido a que no se encontraba activo la versión educativa, en consecuencia, no se tiene datos.

En primer lugar, tenemos la prueba N.º 2 la cual se ubica entre el cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambos sentidos y solo el carril izquierdo en la ciudad de Bogotá, cabe destacar que esta lectura se realizó con el fin de poner a prueba la aplicación y la recolección de datos continuo, también el montaje del equipo para Roadroid, teniendo en cuenta que se usó Soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo Largo y vehículo mediano Ford Ecosport ver gráfica 44.

Grafica 44 Prueba N.º 2 Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio



Fuente:(Google. (s.f.)., 2022)

En segundo lugar, tenemos la prueba N.º 3 la cual se divide en 12 lecturas 6 por cada sentido, estas lecturas se hacen con el objeto de comparar la medición del perfilómetro laser y la aplicación Roadroid, primero comenzamos de oriente a occidente, sobre la calle 80 entre la carrera 50 y la carrera 68 en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta que para todas se usó el mismo montaje Soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo Largo y vehículo mediano Ford 150 ver grafica 45.

Grafica 45 Prueba N.º 3 la calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente en la ciudad de Bogotá



Fuente: Google Earth

Segundo lugar se realizó la medición en sentido occidente a oriente sobre la calle 80 entre carreras 50 y 68, además se en total 6 veces se realizó la misma medición ver gráfica 46.

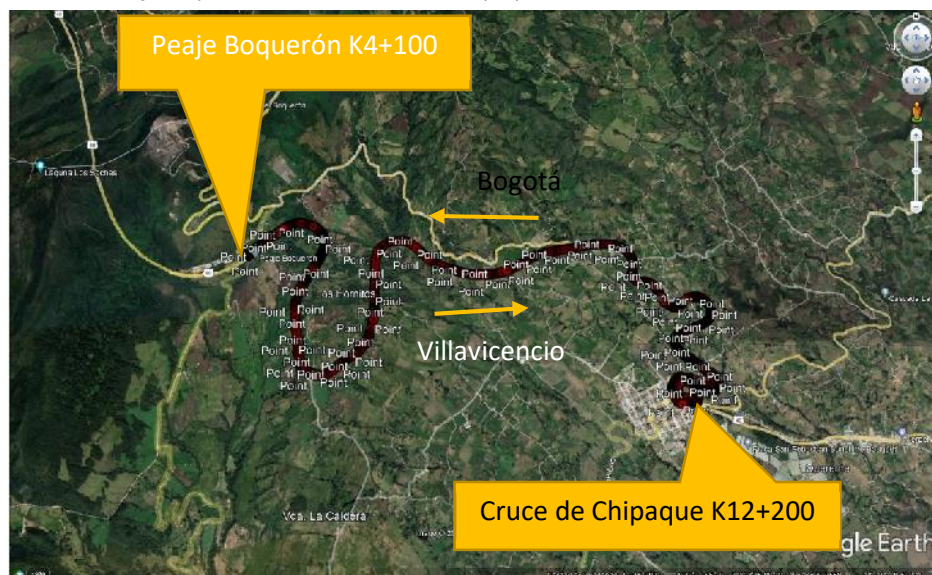
Grafica 46 Medición calle 80 de occidente a oriente entre carrera 65 y calle 54



Fuente:(Google. (s.f.)., 2022)

En tercer lugar, la prueba N°4, con la intensión de probar el cambio de soporte en espejo retrovisor y vehículo mediano Ford Ecosport, además es la primera prueba en vía concesionada del K4+100 al K12+200 en ambos sentidos ver gráfica 47.

Grafica 47 Prueba N°4 Peaje Boquerón K4+100 al cruce de Chipaque K12+200

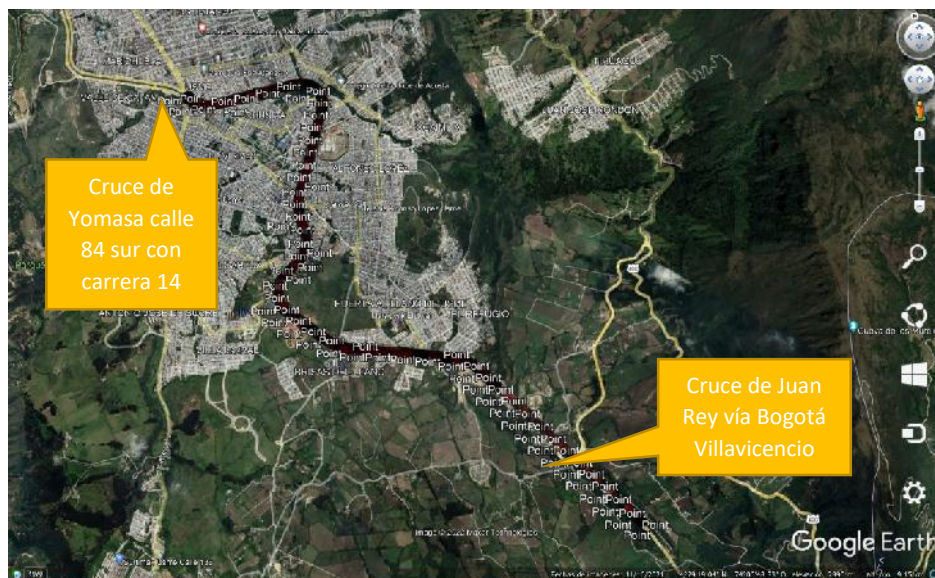


Fuente: (Google. (s.f.)., 2022)

En quinto lugar, tenemos la prueba N°5 esta se realizó para correlacionar los valores obtenidos en la prueba N°2 ambos de lecturas de IRI aplicación Roadroid la cual se

ubica entre el cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambo sentidos y solo el carril Izquierdo en la ciudad de Bogotá lo único diferente es el soporte en espejo retrovisor y el vehículo es el mismo ver gráfica 48.

Grafica 48 Prueba N°5 Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio



Fuente: (Google. (s.f.), 2022)

En sexto lugar tenemos la prueba N°6 calle 80 entre carrera 50 y Av. Boyacá sentido occidente a oriente, también se realizó con dos variables a la realizada en el mismo sector de la prueba N°3, el soporte en espejo retrovisor y el vehículo Ford Ecosport ver gráfica 49.

Grafica 49 Medición en la calle 80 entre carreras 50 y Av. Boyacá de occidente a oriente



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

En séptimo lugar tenemos la prueba N° 7, calle 80 entre carrera 50 y 68 se realizó con el fin de comparar con la prueba 3 en especial con los datos del perfilómetro laser y determinar si se presentaron datos más aproximados con el cambio del soporte ver gráfica 50.

Grafica 50 Medición calle 80 entre carreras 50 y 68



Fuente (Google. (s.f.), 2022)

En octavo lugar tenemos la prueba N° 8 se realizó con el fin de tener el mismo principio y fin de los datos de la prueba 3, para luego correlacionar los datos recopilados con la aplicación del IRI.

En noveno lugar tenemos la prueba 10 a la 20 entre la carrera 60 en ambos sentidos ente la carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63, a fin de obtener mejores resultados se cambió el tipo de montaje en esta ocasión solo se tiene una variable el cambio de tipo de soporte de parabrisas ver grafica 51.

Grafica 51 Medición carrera 60 en ambos sentidos entre la carrera ro y transversal 59ª

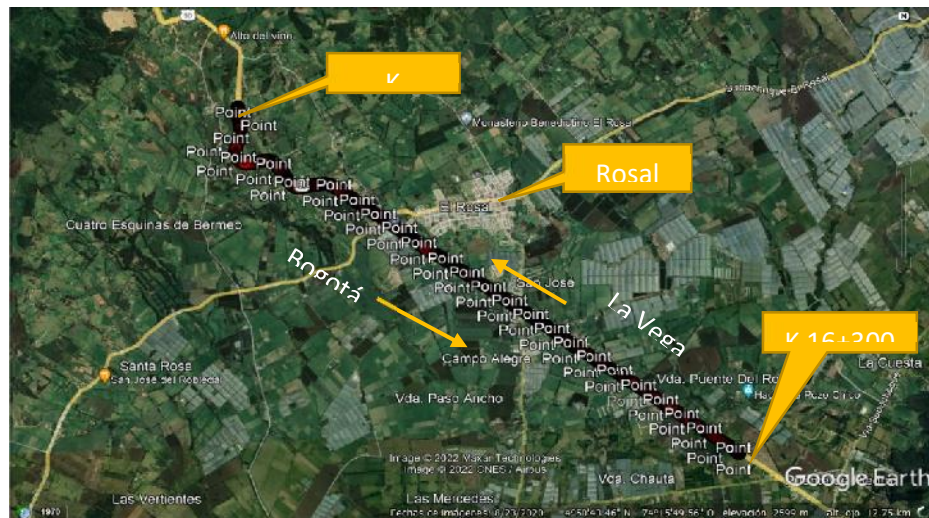


Fuente: (Google. (s.f.), 2022)

Finalmente se realizó la medición de IRI Con el Vehículo Ford 150 y el soporte de parabrisas para relacionar las últimas mediciones de IRI entre perfilómetro laser y la aplicación Roadroid para esto se tomó como objeto de estudio 3 zonas de la vía Bogotá – La Vega – Villeta des oes de haber obtenido resultados favorables o cercanos en la prueba realizada en la carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63.

En principio, tenemos el sector de estudio la vía Bogotá – la Vega entre los K16+300 al K24+700 retorno Bogotá al Rosal en la vía Bogotá – La Vega – Villeta ver gráfica 52.

Grafica 52 sitio escogido K16+300 al K24+700 retorno Bogotá al Rosal



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

Adicionalmente tenemos la vía Bogotá – la Vega entre los K38+108 al K43+120 retorno Bogotá a la Vega ver grafica 53.

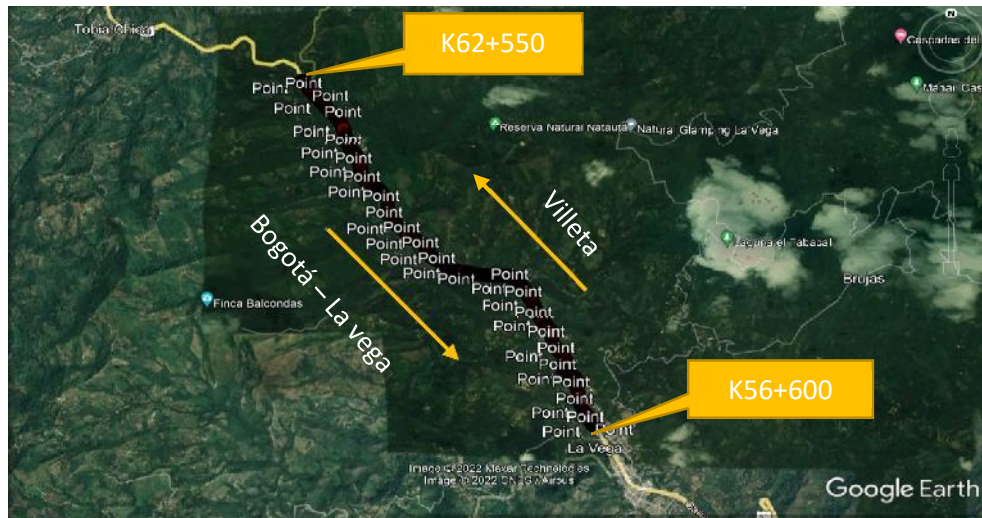
Grafica 53 sitio escogido K38+108 al K43+120 retorno Bogotá a la Vega



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

En séptimo lugar tenemos la vía la Vega – la Villeta entre los K62+550 al K56+600 retorno a la Vega a Villeta ver grafica 54.

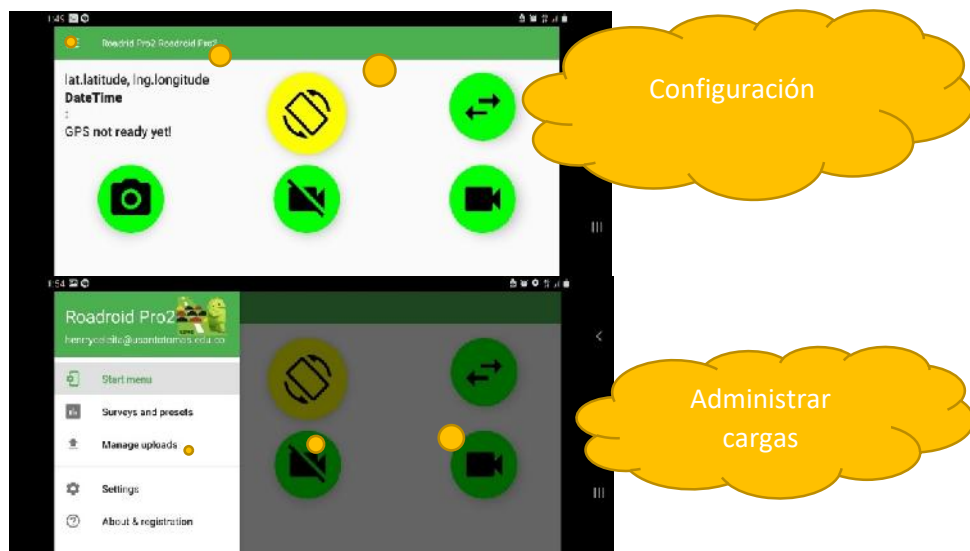
Grafica 54 sitio escogido K62+550 al K56+600 retorno a la Vega a Villeta



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

Después de realizar el trabajo en campo las lecturas de IRI se suben a la nube, para estos requerimos una red con velocidad de subida y/o velocidad de conexión de internet los creadores de la aplicación recomiendan que se realice por red WIFI, Adicionalmente por sucesos realizados en a la presente investigación esta carga suele ser bastante demorada Y/o la de no subir los videos y fotos recolectados por la aplicación gráfica 55 y 56.

Grafica 55 Menú principal para acceder a la carga de las lecturas de IRI



Fuente: Propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid

Grafica 56 Pantalla de carga de información a la nube de la aplicación de Roadroid

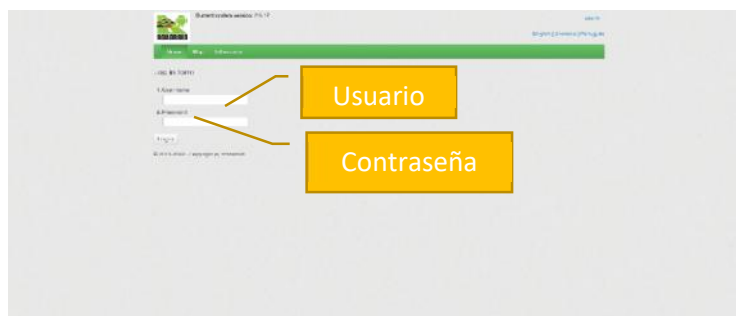


Fuente: propia, captura de pantalla de la aplicación Roadroid

En la pantalla de carga de datos tenemos las siguientes opciones “*manage upload*”, ingresaremos a la siguiente pantalla, donde podremos elegir las opciones *upload data only* para subir solo los datos tomados y la opción “*upload data and media*” para subir los datos y fotos.

A continuación, esta información es procesada por los servidores de la aplicación Roadroid y puede ser consultada y descarga por medio <https://www.roadroid.com/> con una cuenta y contraseña ver gráfica 57, teniendo así acceso a la página web de Roadroid. Este registro tiene un costo, visto que, Roadroid nos brindó una licencia gratuita de estudiante y se puede solicitar siguiendo una serie de pasos se debe llenar un formato y adicionalmente adquirir unos compromisos de divulgación de la investigación, con el fin de que la información sirva para próximas investigaciones.

Grafica 57 Pagina Roadroid acceso de usuario y clave

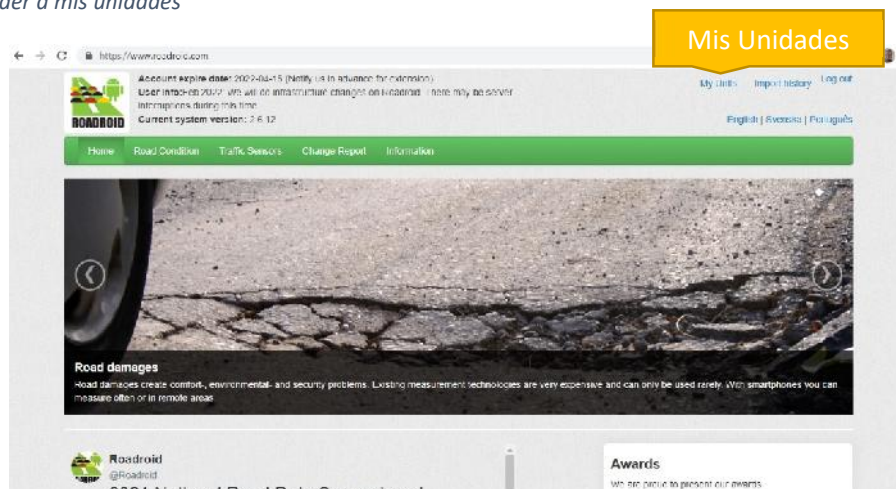


Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013a)

Después accederemos a descargar los datos recolectados en campo y procesados por los servidores de Roadroid de la siguiente manera, también podemos visualizar

en un mapa con una escala de colores que representa el estado de la vía y ver los dispositivos registrados y los recorridos realizados ver grafica 58 a la 64.

Grafica 58 Acceder a mis unidades



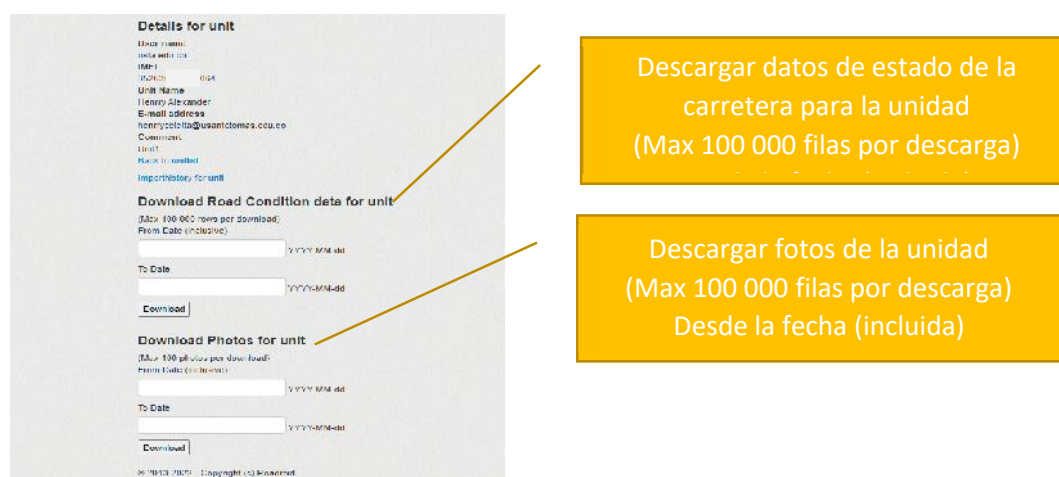
Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013b)

Grafica 59 consulta de dispositivos registrados



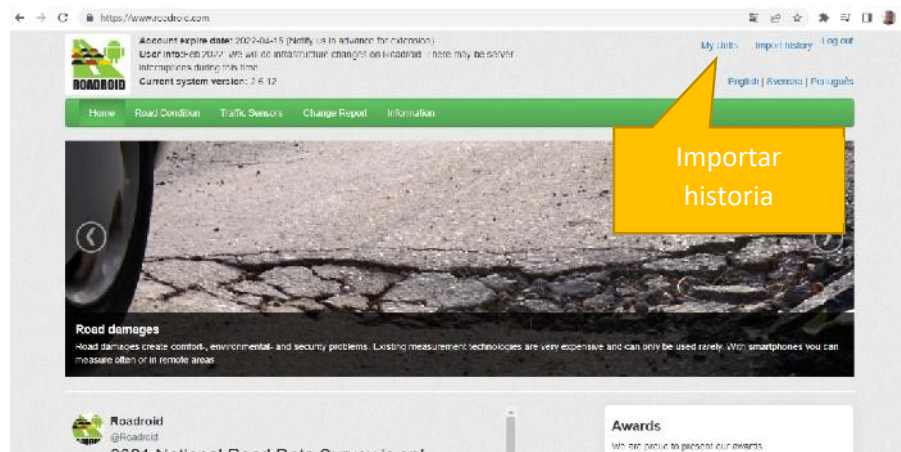
Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013a)

Grafica 60 Importar historial de video y registro fotográfico



Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013a)

Grafica 61 Acceder importar historia



Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013b)

Grafica 62 pantalla lista importar historia la cual Muestra hasta 100 entradas

Account expire date: 2022-04-15 (Notify us in advance for extension)
 User info: Feb 2022: We will do infrastructure changes on Roadroid. There may be server interruptions during this time.
 Current system version: 2.6.12

Home Road Condition Traffic Sensors Change Report Information

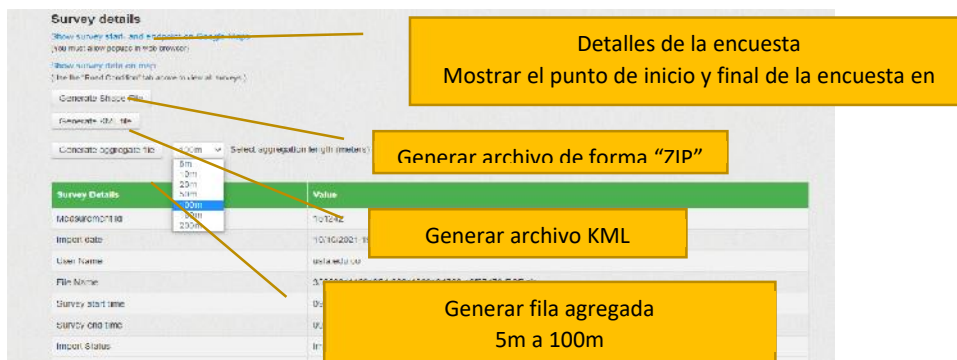
Import History List

Display: 100 entries Search: Type: All

Import date	User Name	Unit Name	Import Status	Avg dIRI	Avg dIRI	Avg Speed	Road id	Survey Length (m)	Type
15/10/2021 12:03:47	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	6.1	5.1	64.7	C79C-1-73	4710	RoadCondition: Default
15/10/2021 12:03:47	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	6.8	5.8	65.5	C79C-2-73	4712	RoadCondition: Default
15/10/2021 12:03:57	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	6.7	5.6	63.8	C79C-1	6771	RoadCondition: Default
15/10/2021 12:03:51	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	7.8	5.8	47.9	C79C-1-73	4754	RoadCondition: Default
15/10/2021 12:03:56	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	6.7	5.4	64.8	C79C-1-73	4818	RoadCondition: Default
15/10/2021 12:03:59	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	5.5	4.5	58.5	C79C-1-47	4753	RoadCondition: Default
15/10/2021 12:03:47	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	6.1	5.1	64.7	C79C-1-73	4818	RoadCondition: Default
12/10/2021 19:02:51	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	6.8	5.3	62.8	C62C-1-12	4715	RoadCondition: Default
12/10/2021 19:02:19	isaia edris	Fenny Alexander	Import OK	4.3	3.2	55.8	C62C-2	4253	RoadCondition: Default

Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013a)

Grafica 63 Importar y generar archivos ZIP, KML y Documento de texto



Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013a)

La aplicación permite exportar las lecturas de IRI en archivos ZIP en el cual se encuentran varios archivos “Generar archivo de forma”, tales como KML que puede ser importado a Google Earth, shx y Documento de texto (.txt) que puede ser exportado a Excel

También en formato DBF se puede visualizar y editar a portable de bases de datos en formato DBF, además permite una amplia gama de funciones, como edición, cambiar índices, mostrar registros borrados, eliminar registros borrados, vaciar la tabla, etc. También permite exportar al portapapeles la lista de campos, filas o columnas, hacer búsquedas o exportar a archivo CSV.

Además, tiene la extensión de archivo PRJ se utiliza para indicar los archivos de datos que son utilizados por varios programas para guardar los datos y la configuración del proyecto. Estos archivos también pueden incluir referencias a otros archivos o proyectos y el formato shp y/o ESRI Shapefile es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS. Wikipedia

Así mismo los archivos SHX son utilizados por el software AutoCAD: el entorno permite el diseño de proyectos en 2D y 3D con fines de ingeniería

Adicionalmente trae una vista de mapa que permite visualizar el recorrido y los resultados del estado de la vía por medio de colores que equivalen al estado de la vía ver gráfica 64.

Grafica 64 mapa visualizador de la aplicación Roadroid y Escala de IRI



Fuente (Copyright (c) Roadroid, 2013a)

En la aplicación se puede visualizar el estado y la calidad de las vías por medio de una escala de colores adicionalmente si se toca en cada punto se pueden ver los valores eIRI y cIRI según como especifiquemos la distancia 5, 10, 15, 20 etc ver tabla 12.

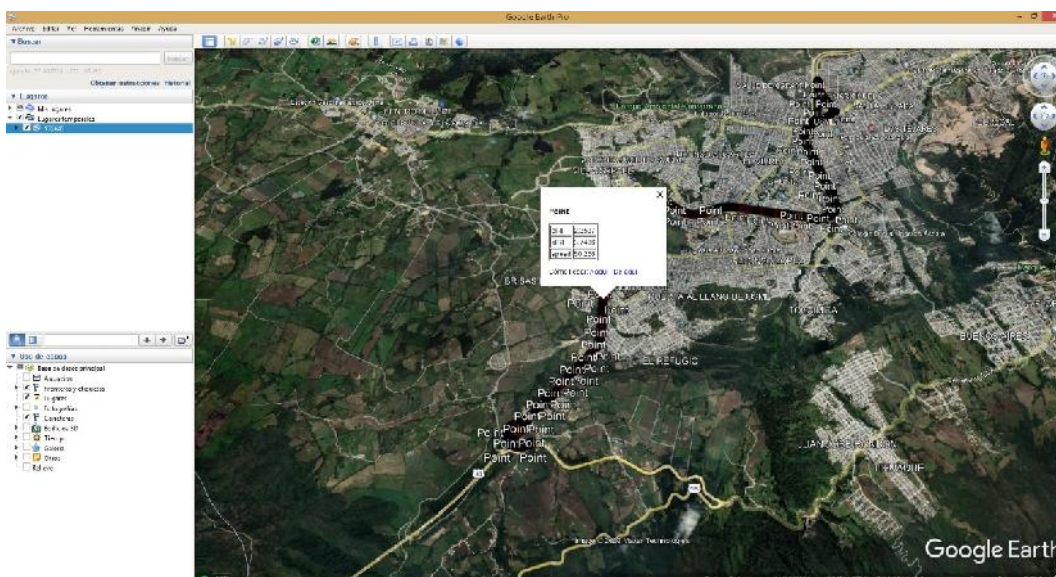
Tabla 12 formato de exportación de la aplicación Roadroid “Documento de texto (.txt)”

cIRI-sensitivity: 1,5 eIRI-sensitivity 1									
DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId

Fuente: (Copyright (c) Roadroid, 2013a)

También podemos exportar a archivos KML que pueden ser visualizados en Google Earth, en donde podemos visualizar por cada punto una ventana con el cIRI y el eIRI y la velocidad registrada en ese punto ver tabla 65.

Grafica 65 vista general al exportar las lecturas de IRI por la aplicación Roadroid a un archivo KML “Google Earth”



Fuente:(Google. (s.f.), 2022)

7.4. FASE 4

7.4.1. PROCESAMIENTO DE LA SALIDA DE LOS TELÉFONOS INTELIGENTES

7.4.2. ANALIZAR DATOS Y EDITAR

Finalmente se correlacionará los datos obtenidos de una lectura previa con Perfilómetro Laser, para ver el asertividad con las lecturas con la aplicación Roadroid

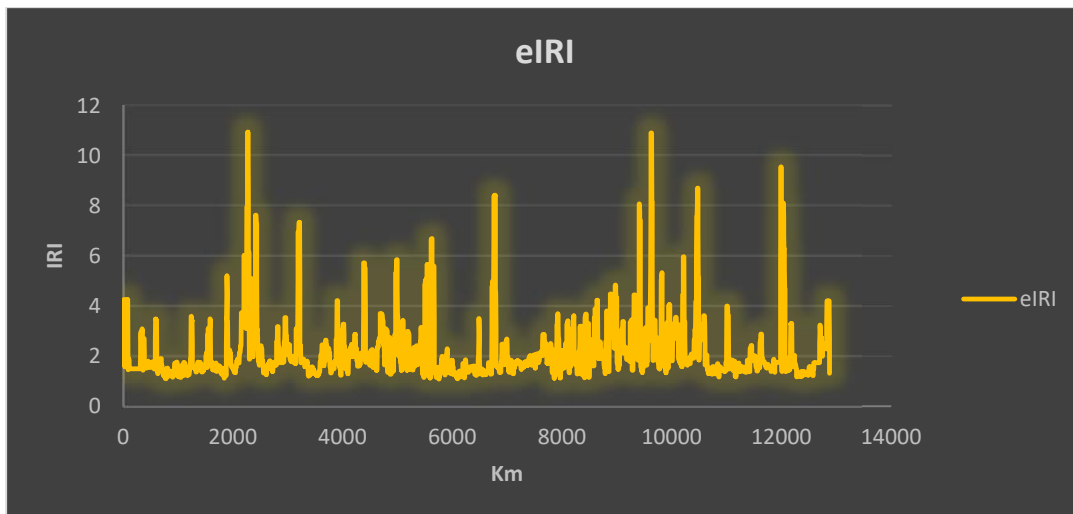
Este análisis incluye, gráficas comparativas para resultados con ambos equipos, operadores y pasadas. Además, se calcula el estadístico R para comparar resultados entre equipos y se presentan a continuación:

7.5. RESULTADO APLICACIÓN ROADROID

En este paso se buscó la correlación entre las lecturas de eIRI y cIRI para cada prueba y obtención del perfil longitudinal de la vía de los datos obtenidos de la aplicación Roadroid.

Adicionalmente dentro de los anexos se puede consultar la tabla con los datos obtenidos de la aplicación, a continuación, podemos observar las gráficas 66, 67 y 68 a partir de los resultados obtenidos con la aplicación.

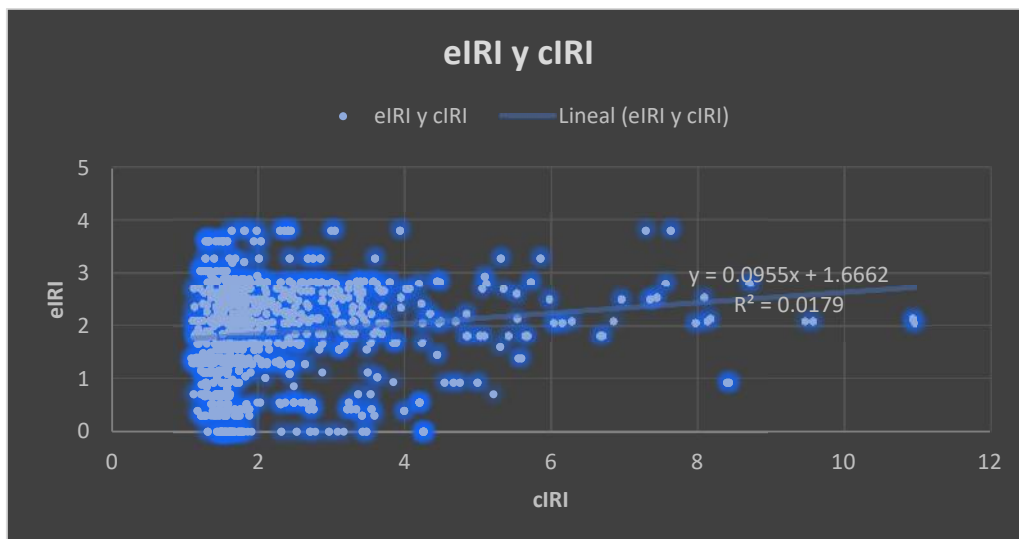
Grafica 66 eIRI Y cIRI de la prueba 2 realizada Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio



Fuente: Propia

Entre los resultados obtenidos en primera instancia con un soporte universal para teléfono coche, brazo largo los valores eran negativos y existía poca correlación entra la medida convencional “perfilómetro laser”, además la correlación obtenida es de 60% y 16% lo que indica una correlación moderada y baja

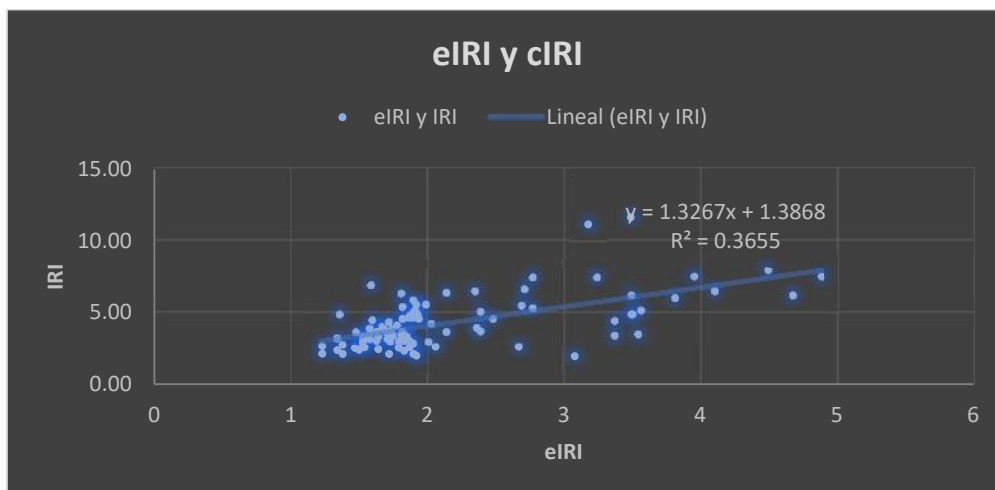
Grafica 67 correlación eIRI y cIRI de la prueba 2 realizada Cruce de Yomasa calle 84 sur con carrera 14 al cruce de Juan Rey vía Bogotá Villavicencio



Fuente: Propia

Se realizaron 12 lecturas en la prueba 3 ver grafica 68 a la 90 donde se comparó el perfilómetro laser y luego la correlación de los datos obtenidos entre la aplicación y el perfilómetro laser.

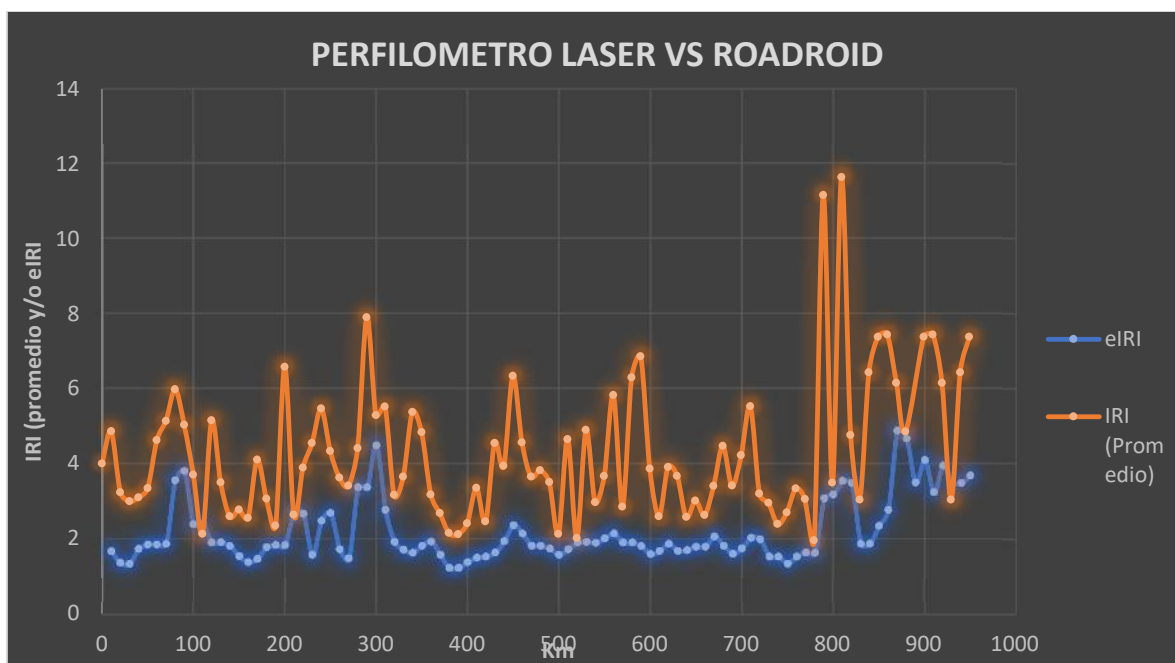
Grafica 68 Determinación de la prueba 3.1 entre las lecturas de la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser



Fuente: Propia

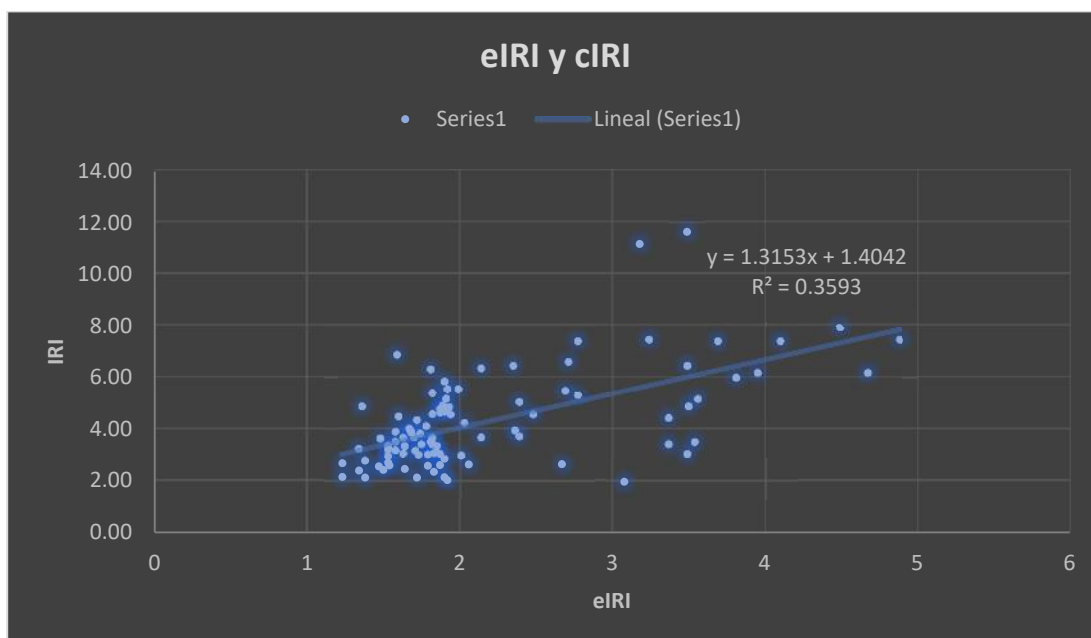
La correlación es de 60% es moderada, se observa una leve tendencia y unos mismos picos en el perfil longitudinal.

Grafica 69 Perfil Longitudinal pruebas 3.2 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



Fuente: Propia

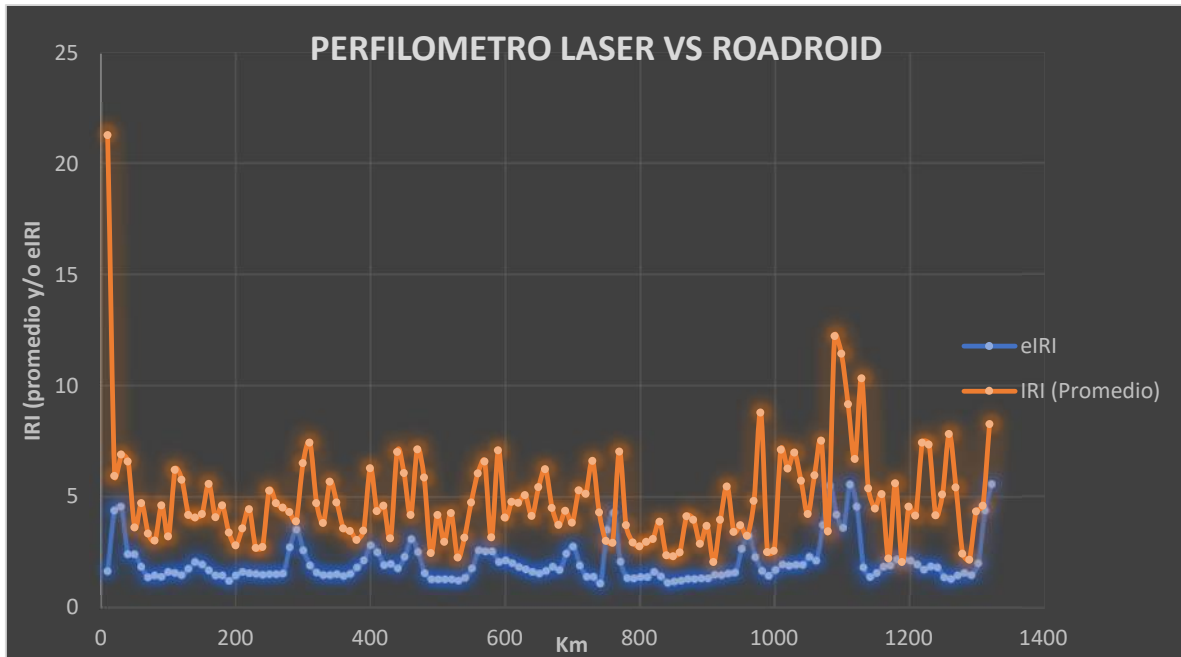
Grafica 70 Determinación de la prueba 3.2 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



Fuente: Propia

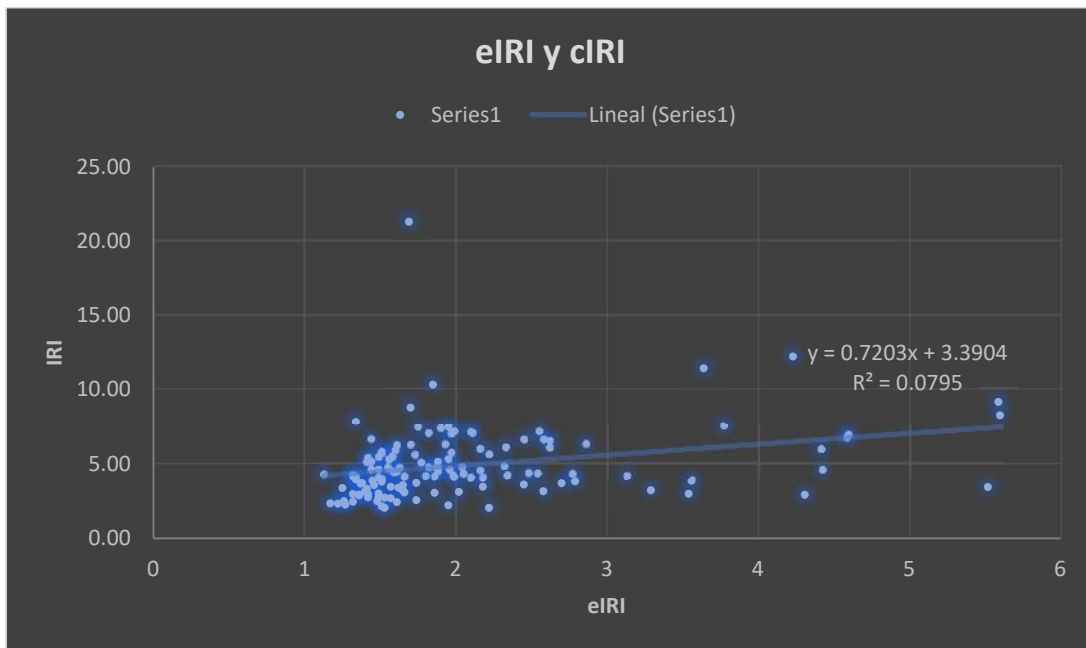
La correlación es de 60% sigue siendo una correlación moderada, el perfil longitudinal muestra diferencias notorias entre la aplicación y el perfilómetro laser

Grafica 71 Perfil Longitudinal pruebas 3.3 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



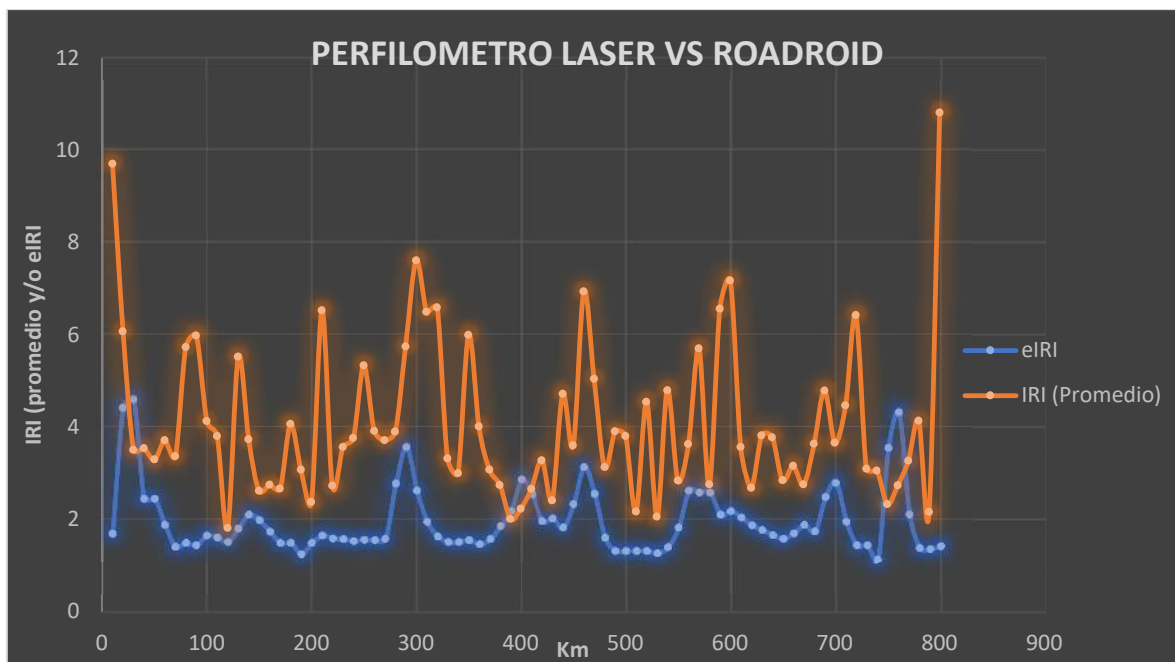
Fuente: Propia

Grafica 72 Determinación de la prueba 3.3 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



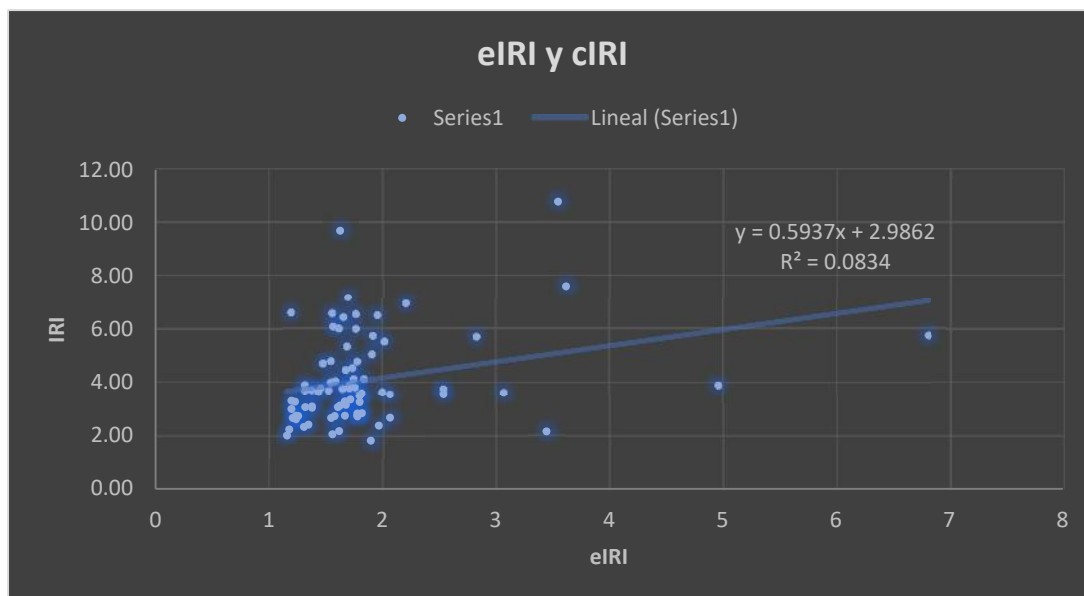
Fuente: Propia

Grafica 73 Perfil Longitudinal pruebas 3.4 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



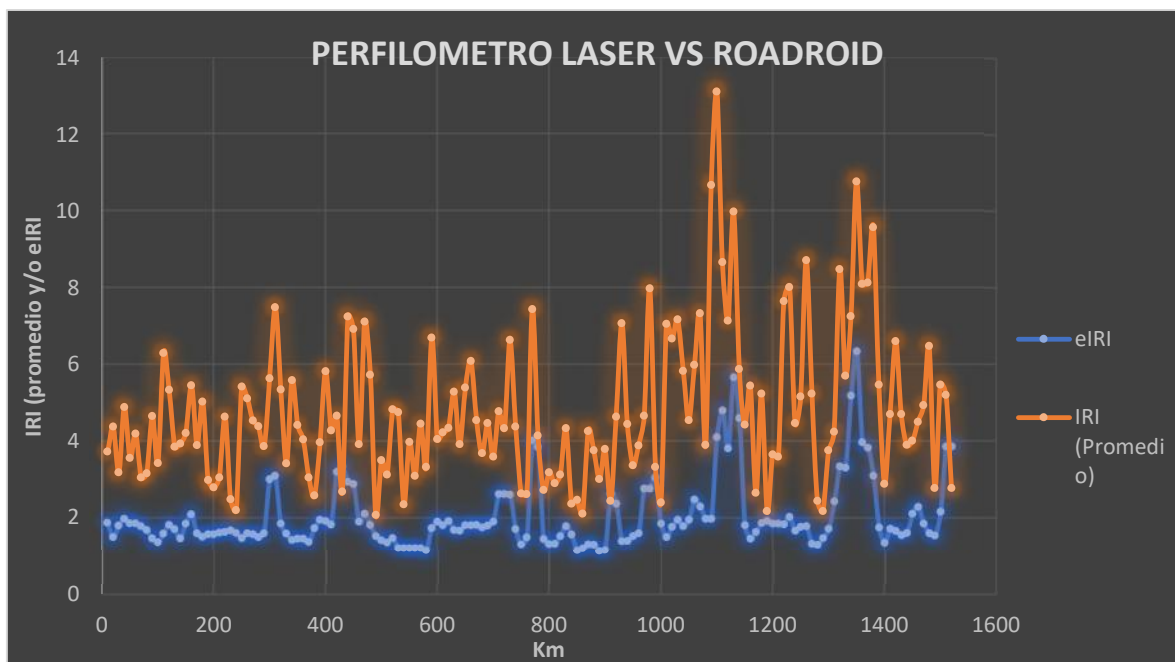
Fuente: Propia

Grafica 74 Determinación de la prueba 3.4 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



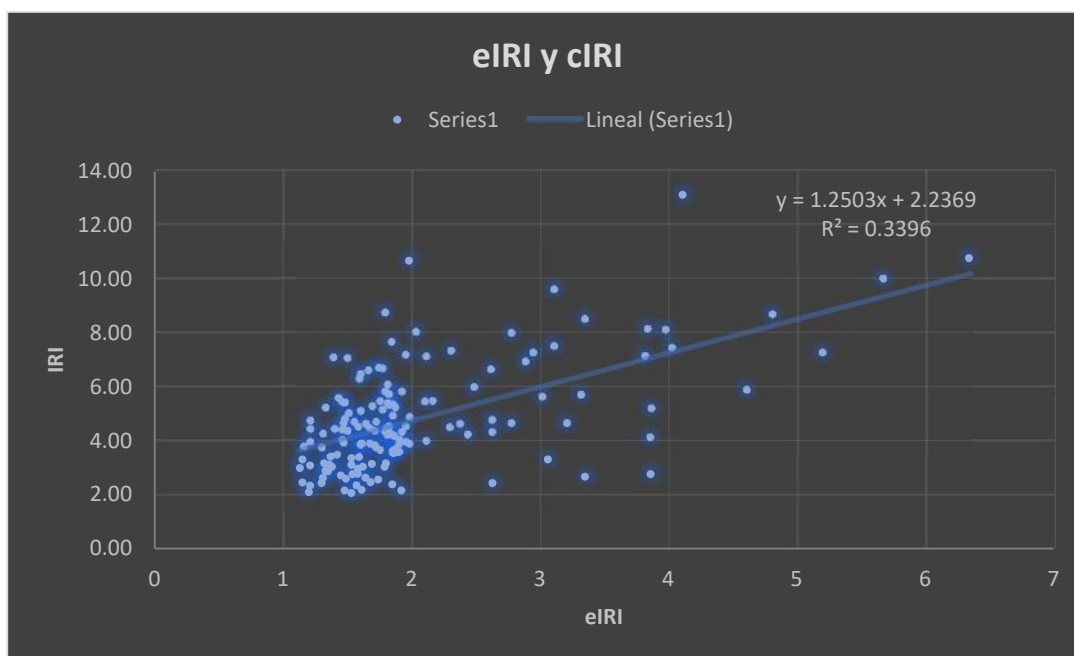
Fuente: Propia

Grafica 75 Perfil Longitudinal pruebas 3.5 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



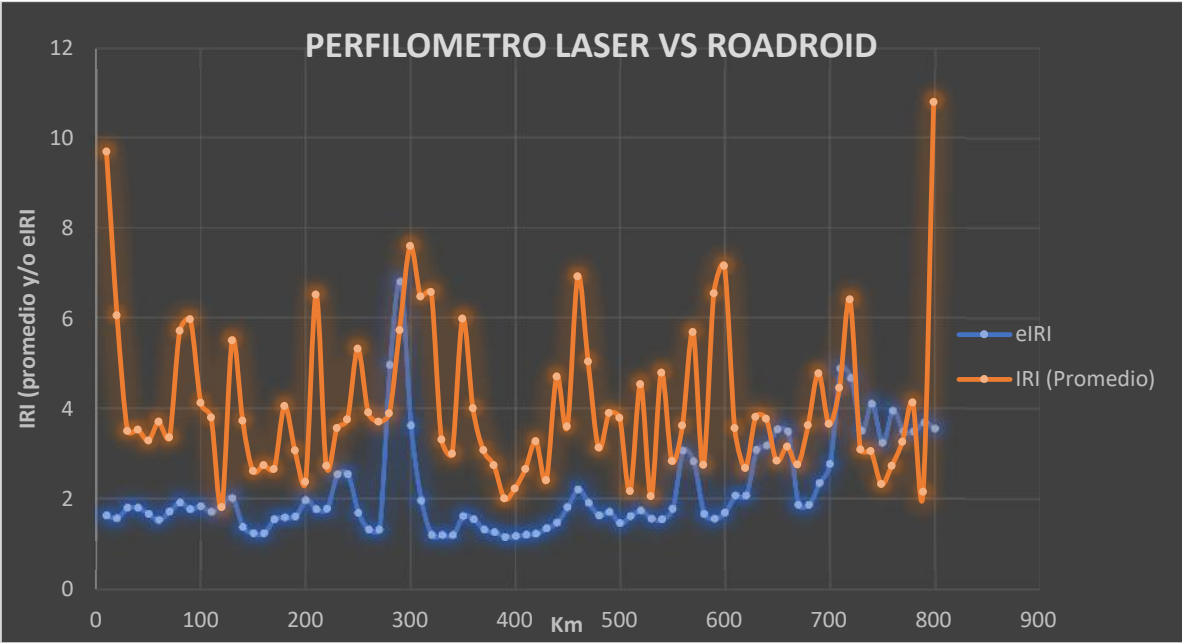
Fuente: Propia

Grafica 76 Determinación de la prueba 3.5 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



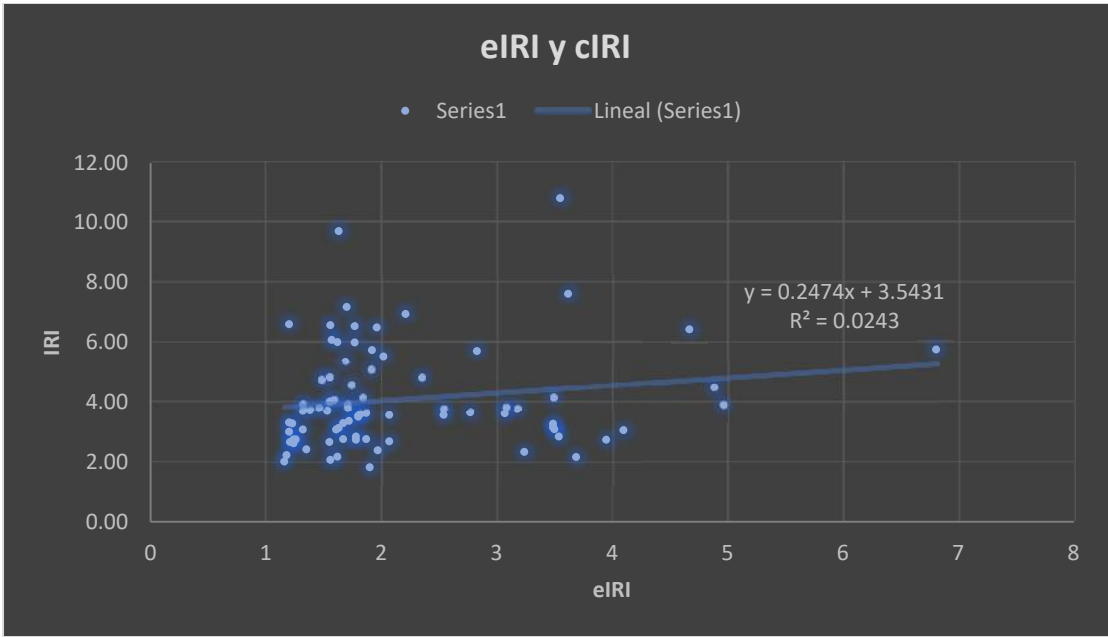
Fuente: Propia

Grafica 77 Perfil Longitudinal pruebas 3.6 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



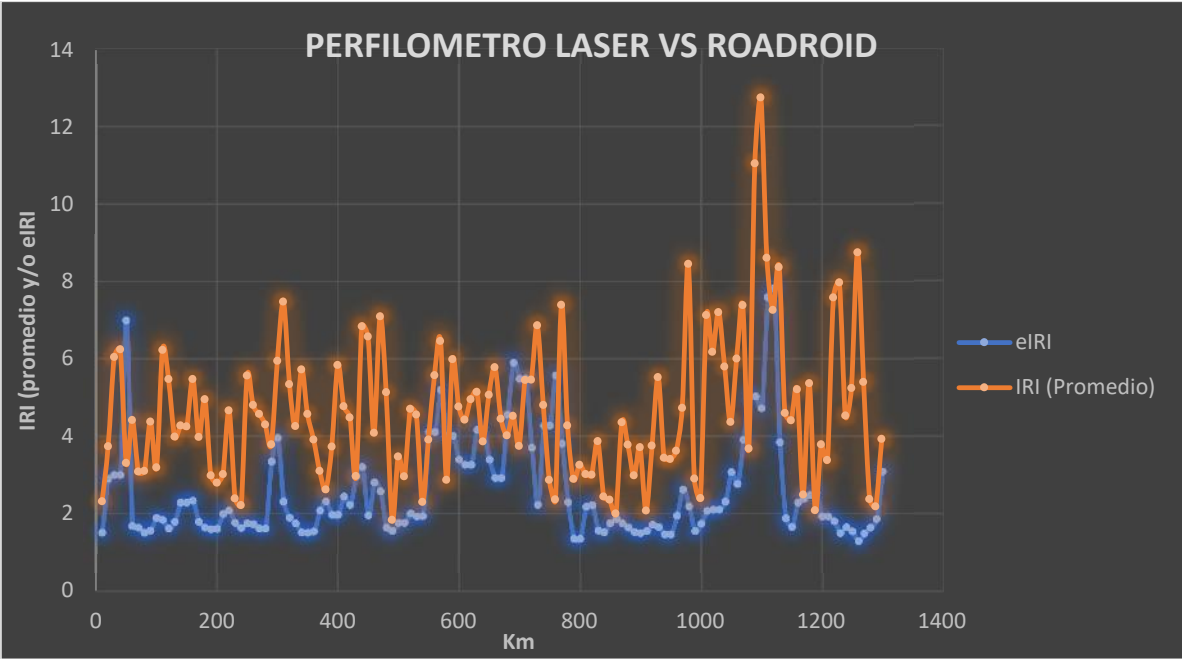
Fuente: Propia

Grafica 78 Determinación de la prueba 3.4 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



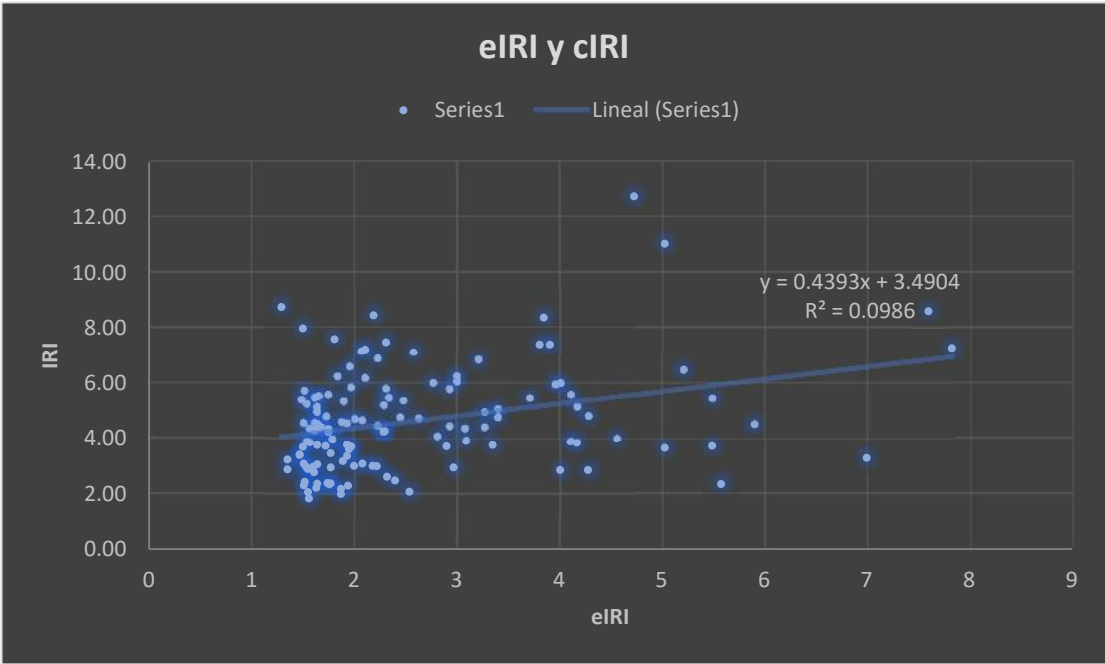
Fuente: Propia

Grafica 79 Perfil Longitudinal pruebas 3.7 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



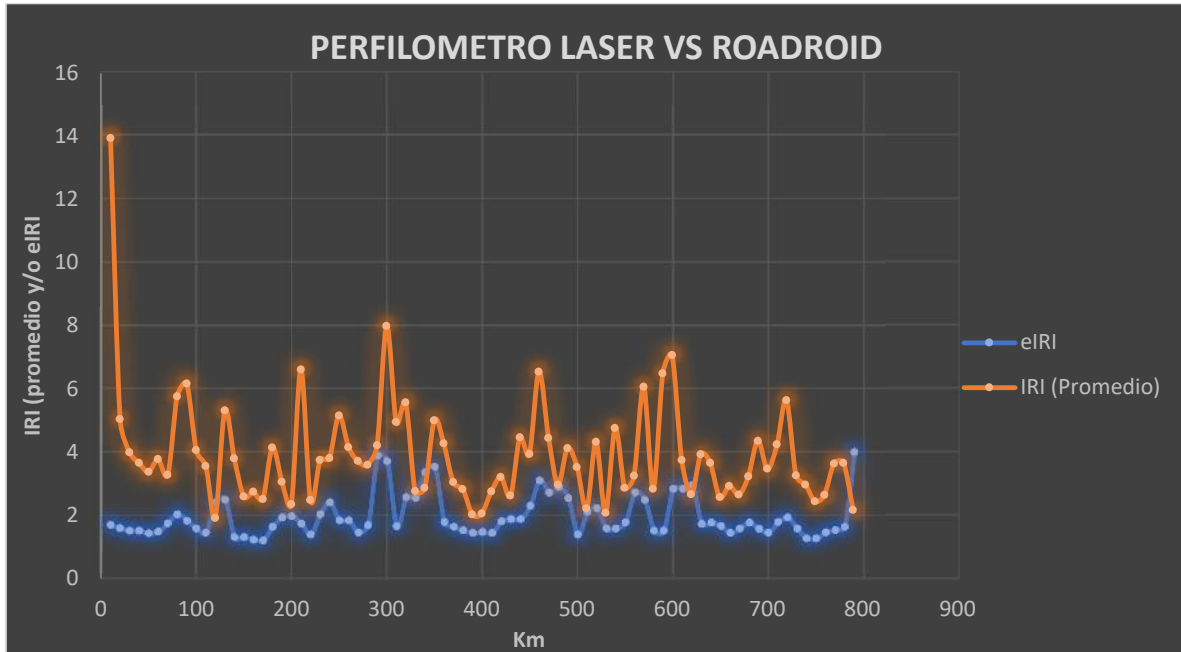
Fuente: Propia

Grafica 80 Determinación de la prueba 3.7 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



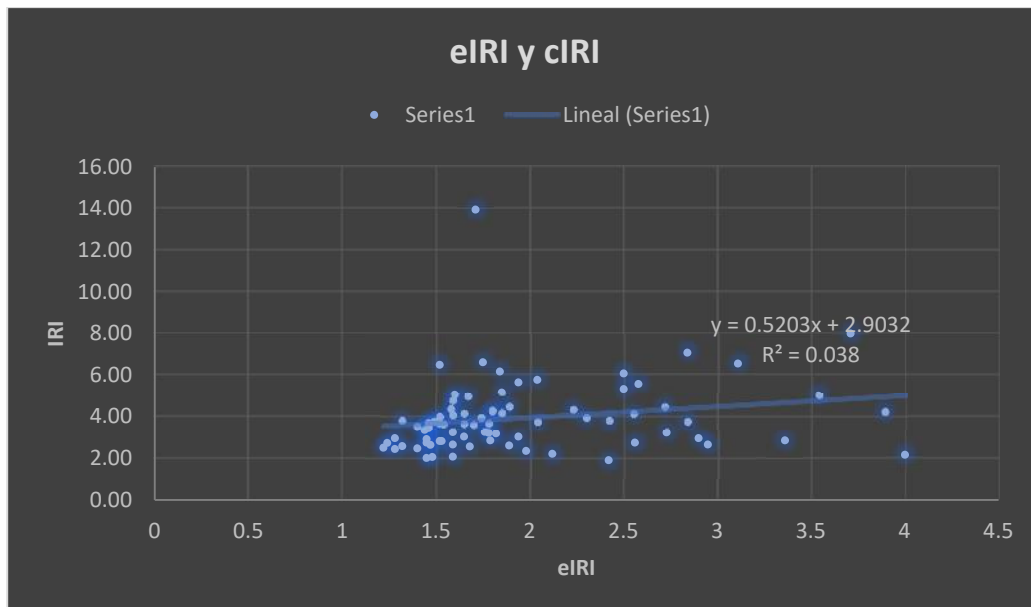
Fuente: Propia

Grafica 81 Perfil Longitudinal pruebas 3.8 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



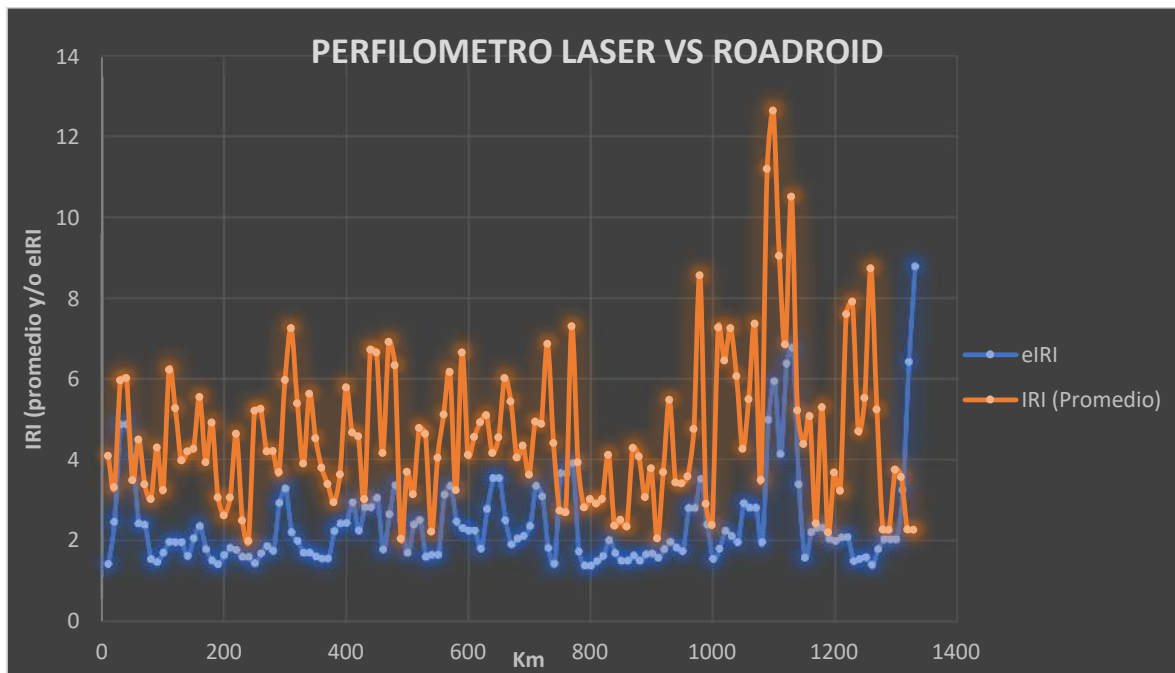
Fuente: Propia

Grafica 82 Determinación de la prueba 3.8 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



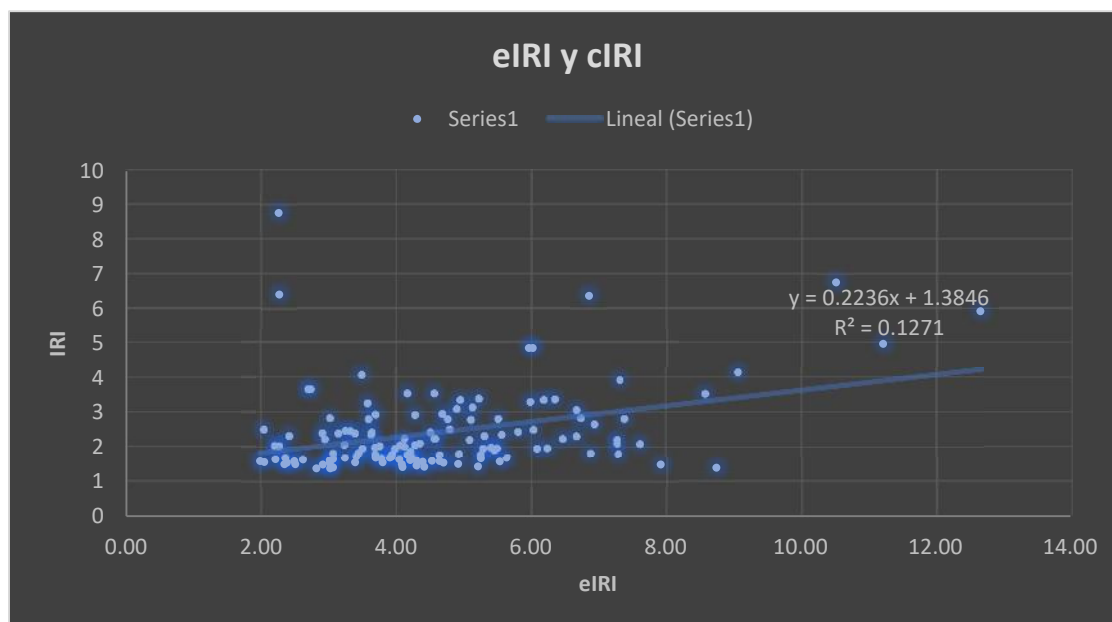
Fuente: Propia

Grafica 83 Perfil Longitudinal pruebas 3.9 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



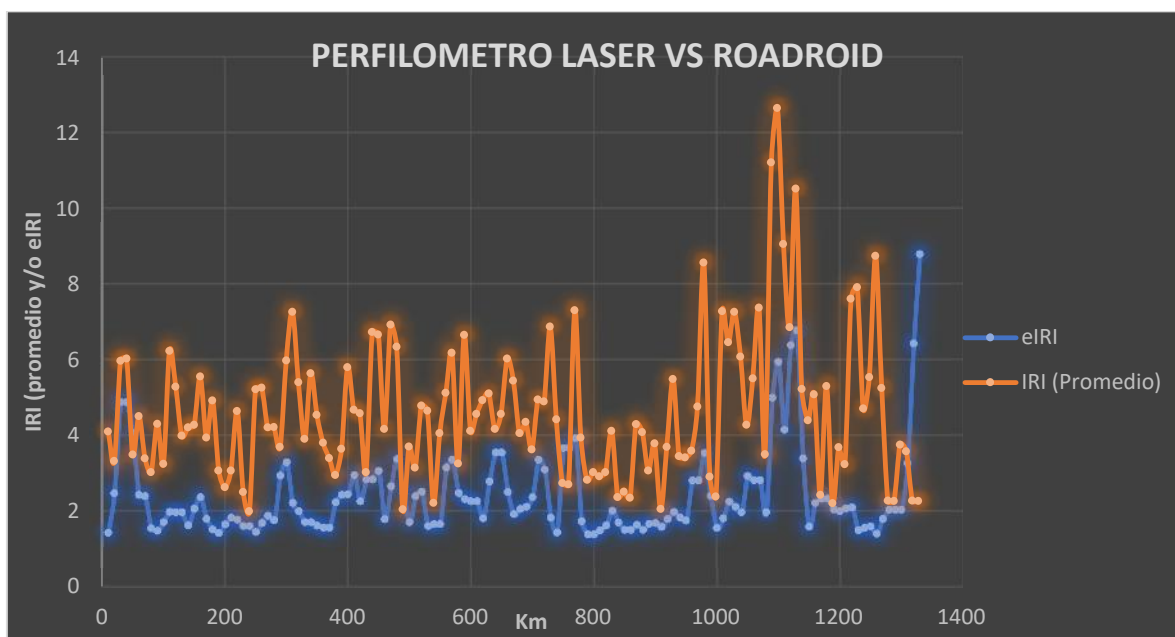
Fuente: Propia

Grafica 84 Determinación de la prueba 3.9 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



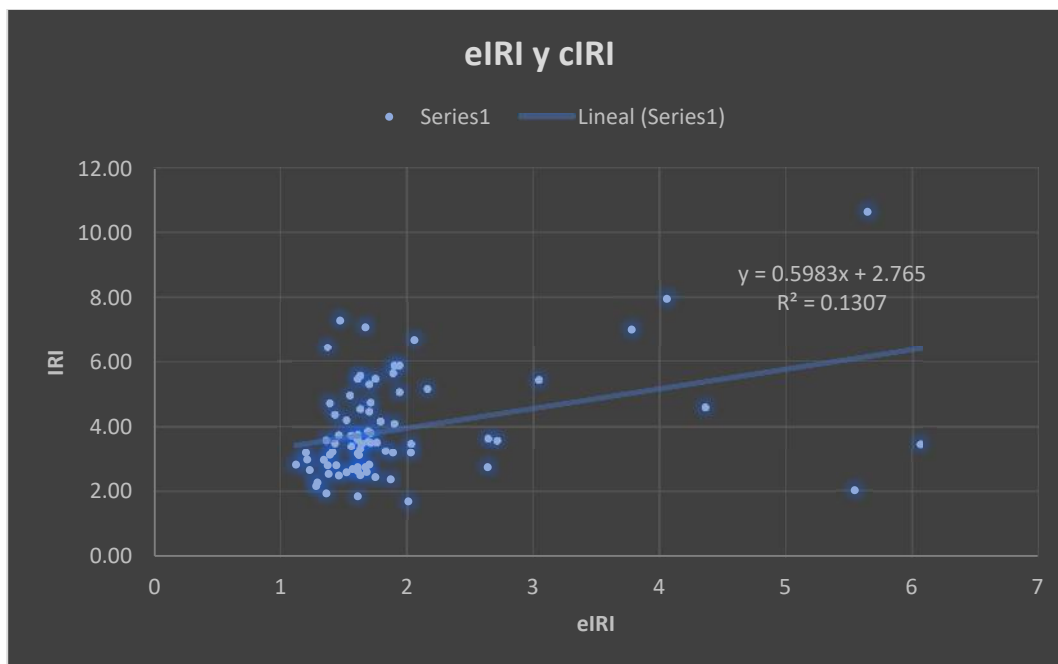
Fuente: Propia

Grafica 85 Perfil Longitudinal pruebas 3.10 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



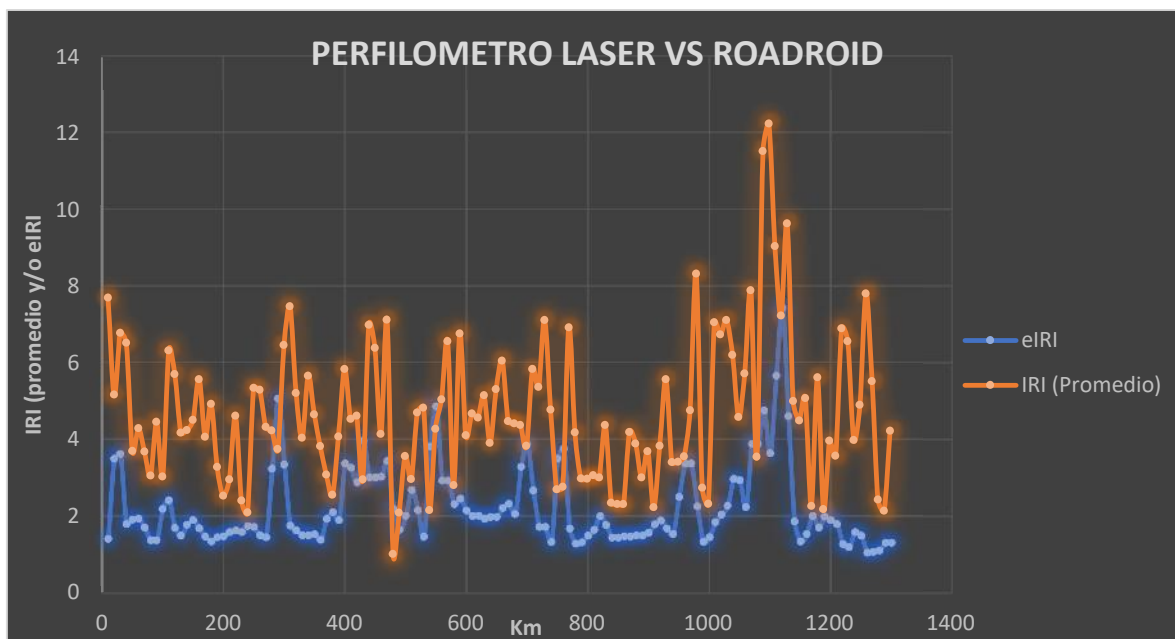
Fuente: Propia

Grafica 86 Determinación de la prueba 3.10 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



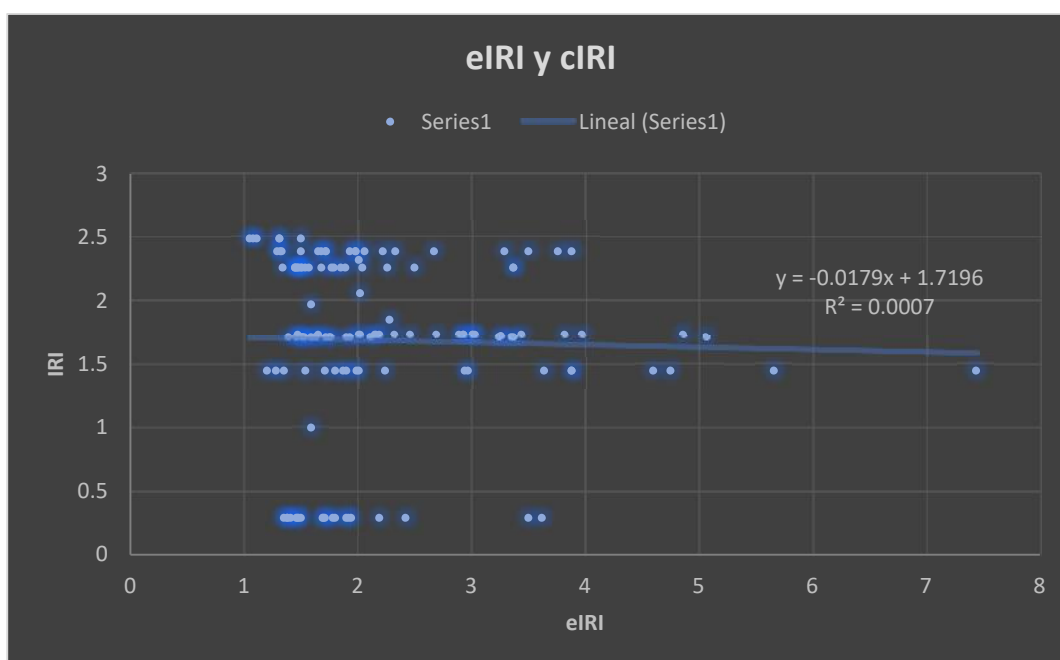
Fuente: Propia

Grafica 87 Perfil Longitudinal pruebas 3.11 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



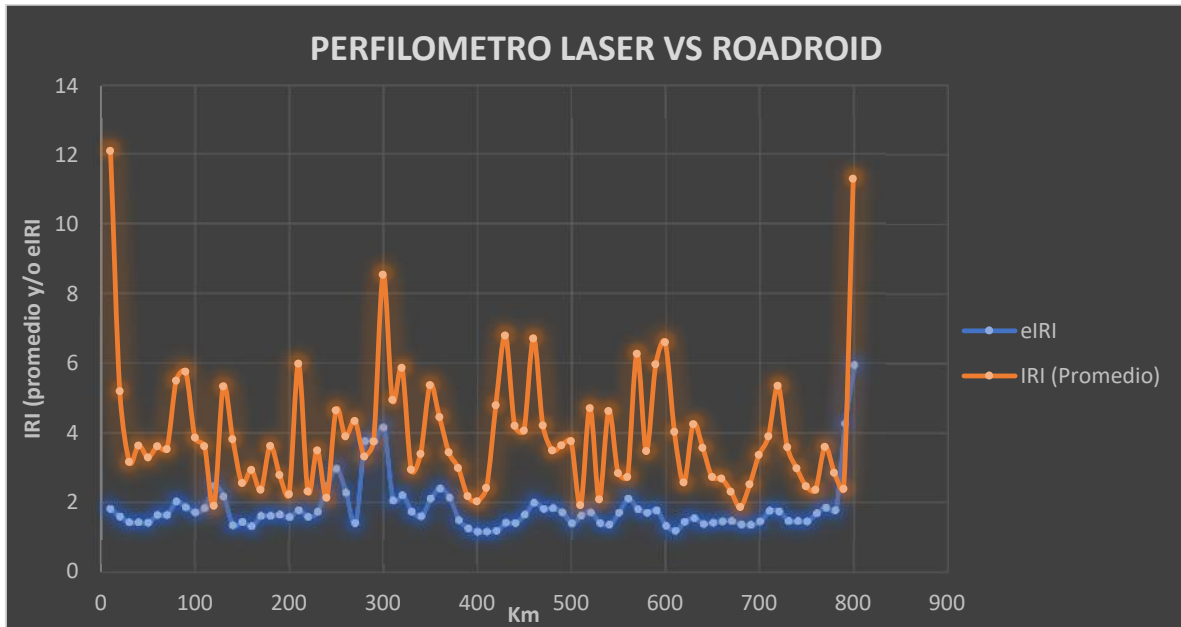
Fuente: Propia

Grafica 88 Determinación de la prueba 3.11 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



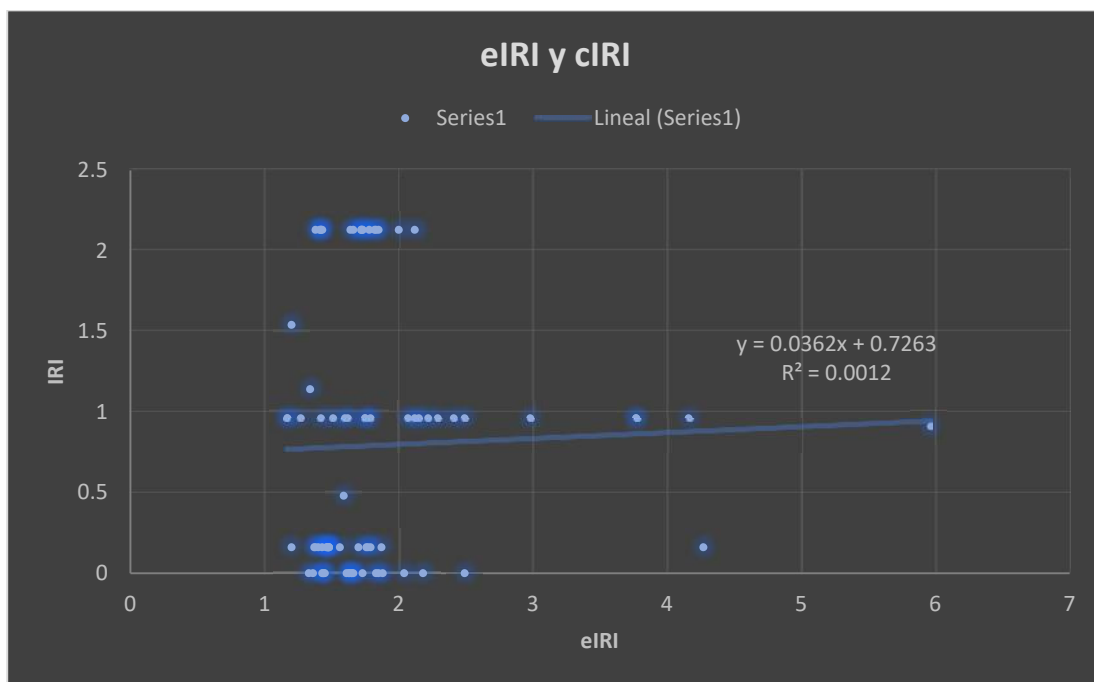
Fuente: Propia

Grafica 89 Perfil Longitudinal pruebas 3.12 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



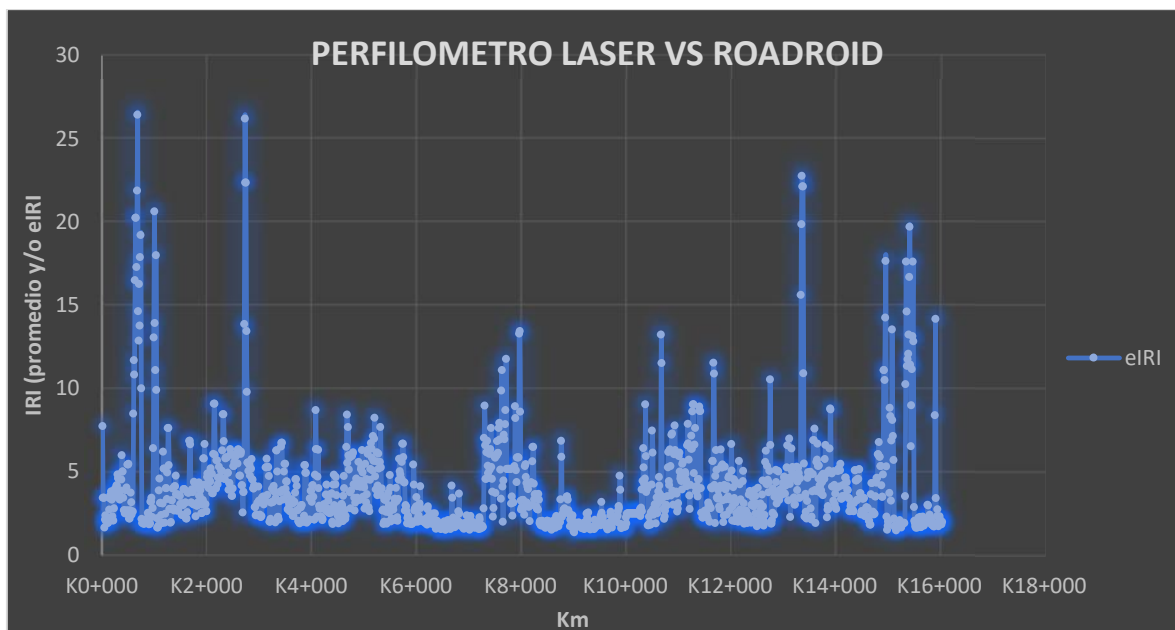
Fuente: Propia

Grafica 90 Determinación de la prueba 3.12 calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



Fuente: Propia

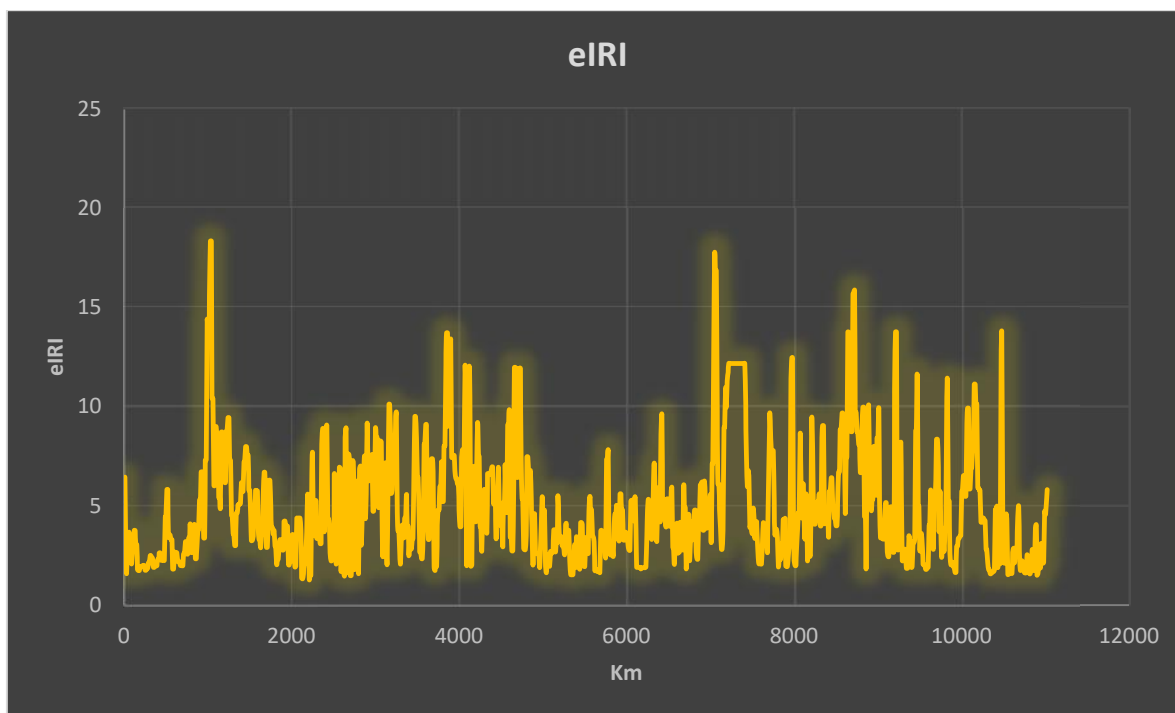
Grafica 91 Prueba 4 k4+100 al k12+200 vía Bogotá – Villavicencio



Fuente: Propia

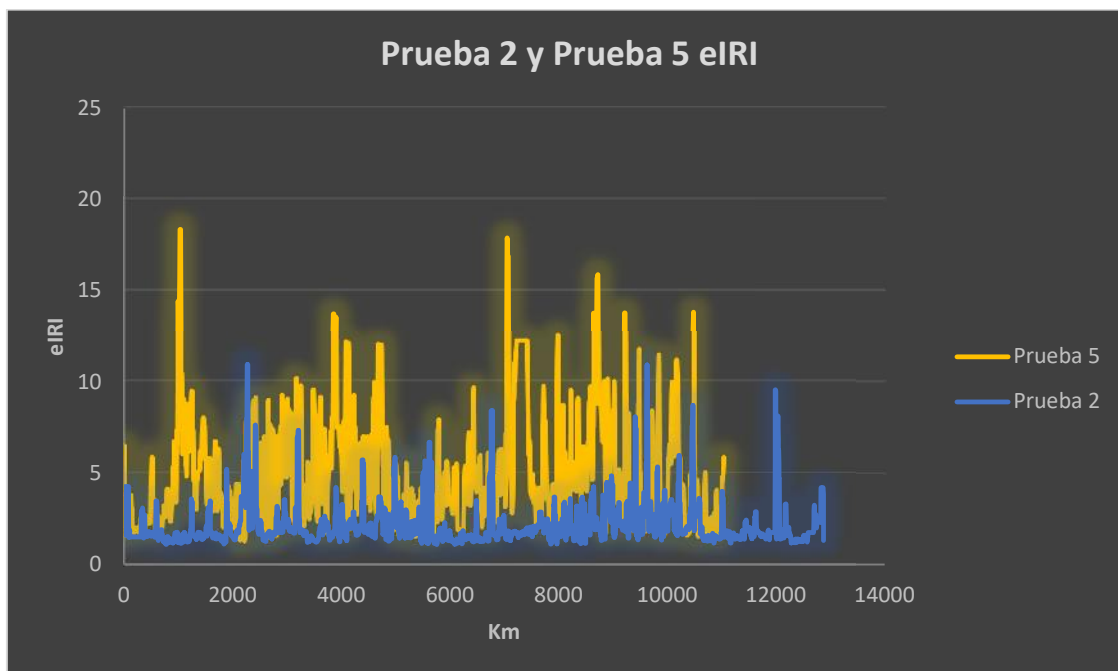
Esta prueba se realizó para ver la capacidad de recolección de datos de forma continua en una vía concesionada y evaluar el nivel de tráfico y la velocidad promedio.

Grafica 92 Prueba 5 cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambo sentidos y solo el carril izquierdo



Fuente: Propia

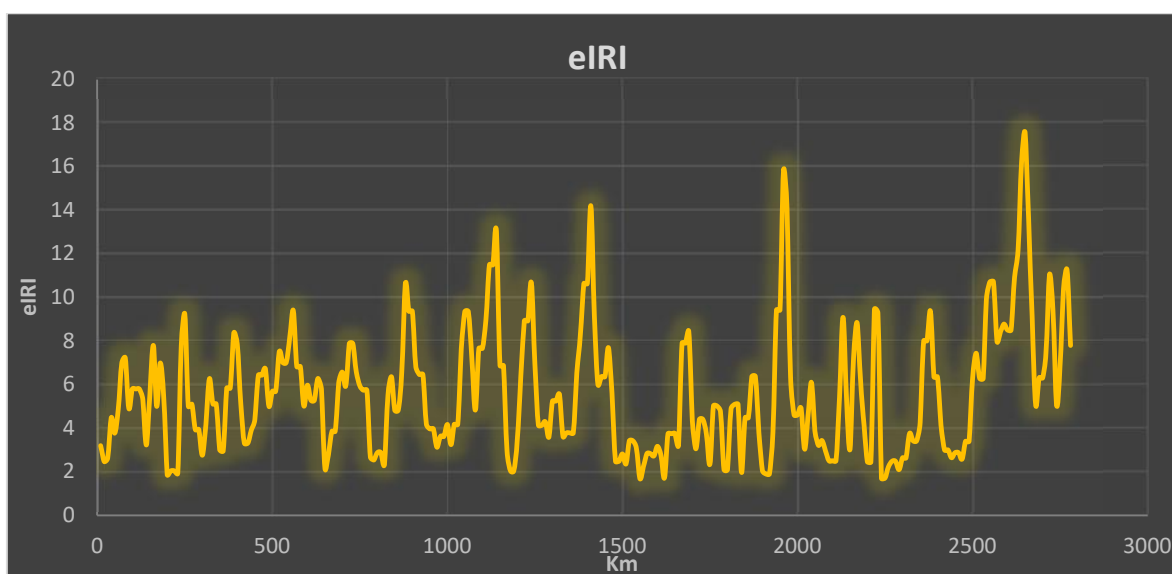
Grafica 93 comparación perfil longitudinal prueba 2 y 5 cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambo sentidos y solo el carril izquierdo



Fuente: Propia

Se observa una gran diferencia entre las dos pruebas, es preciso indicar que la medición 2 se usó soporte de brazo largo y la 5 un soporte de espejo retrovisor que influye mucho en la obtención de datos.

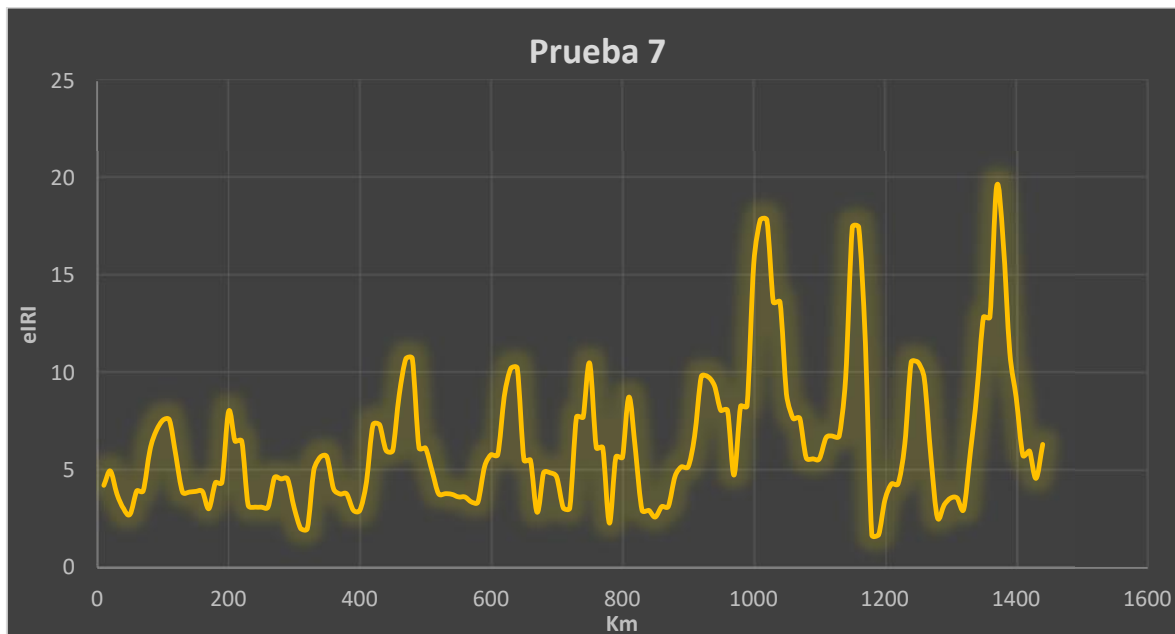
Grafica 94 Prueba 6 calle 80 entre carrera 50 y Av. Boyacá Sentido occidente a oriente



Fuente: Propia

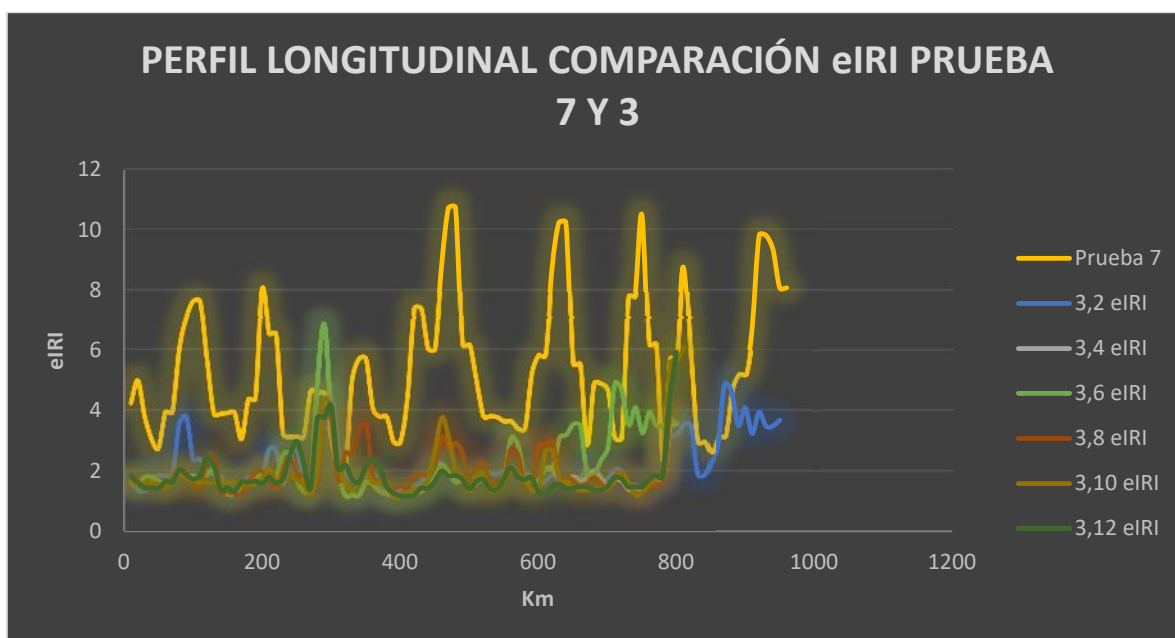
Esta lectura fue errada se inició desde un punto lejos al sector de estudio para comparar las lecturas y diferencias de los datos obtenidos con el soporte de brazo largo y el del espejo retrovisor, además del cambio de vehículo.

Grafica 95 Prueba 7 Calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido occidente a oriente



Fuente: Propia

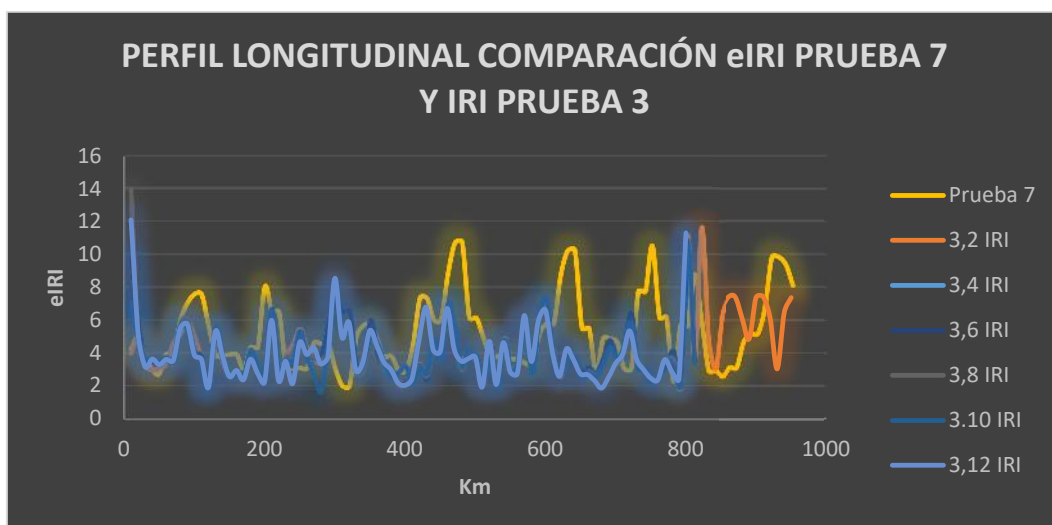
Grafica 96 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 7 y 3



Fuente: Propia

Se evidencia una baja tendencia entre los perfiles de la prueba 3 en ese sentido y el del perfil 7, como en la anterior prueba el tipo de soporte es diferente y el tipo de vehículo.

Grafica 97 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 7 y IRI prueba 3



Fuente: Propia

A continuación en la tabla 13 un resumen de los valores promedios obtenidos con la aplicación y el equipo convencional.

Tabla 13 comparación de coeficiente de correlación entre prueba 3 y 7 tanto para eIRI - eIRI y IRI - IRI

CORRELACIÓN ENTRE LAS PRUEBAS 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 3.10, 3.12 Y LA PRUEBA 7		
Prueba	eIRI (m/km)	IRI (m/km)
	PROMEDIO	PROMEDIO
3.2	0,13	0,02
3.4	-0,05	-0,07
3.6	0,09	-0,07
3.8	0,14	-0,08
3.10	0,20	-0,03
3.12	-0,10	0,02

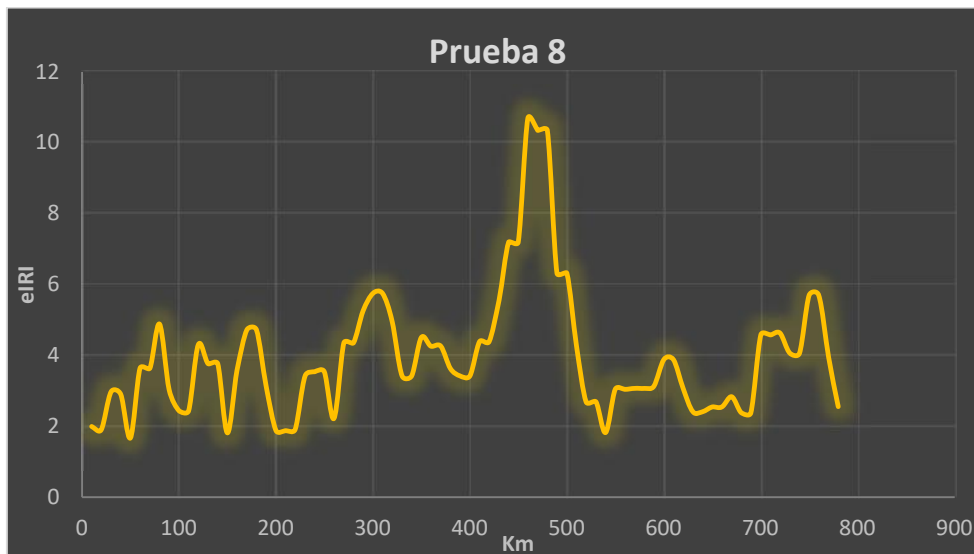
Fuente: Propia

Se puede evidenciar una baja correlación entre los datos obtenidos entre la aplicación en la prueba 7 y la prueba 3, además de los obtenidos por el perfilómetro laser.

Posteriormente se realizó 10 pruebas en las cuales se requirió realizar el cambio del soporte en dos oportunidades inicialmente por un soporte rígido parabrisas y

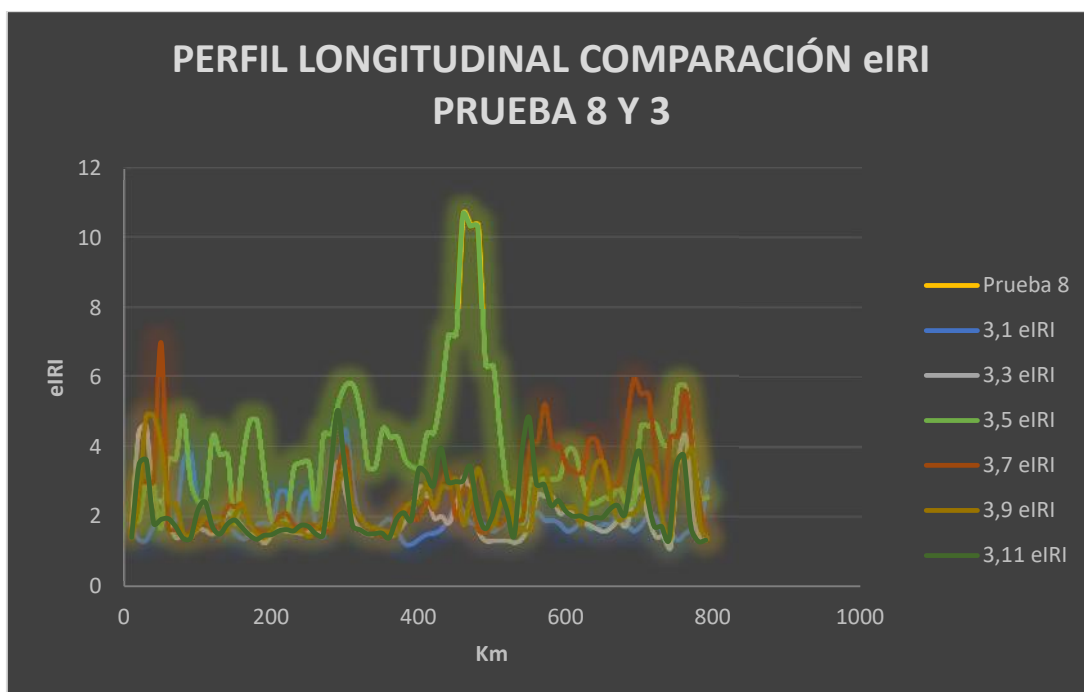
realizar nuevas mediciones en vías urbanas y concesionadas en los cuales los valores obtenidos tenía una correlación entre el perfilómetro laser y la aplicación Roadroid entre el 90% y 73% que se puede indicar que se encuentra en un correlación muy alta y alta.

Grafica 98 Prueba 8 Calle 80 entre la carrera 62 y carrera 50 sentido oriente a occidente



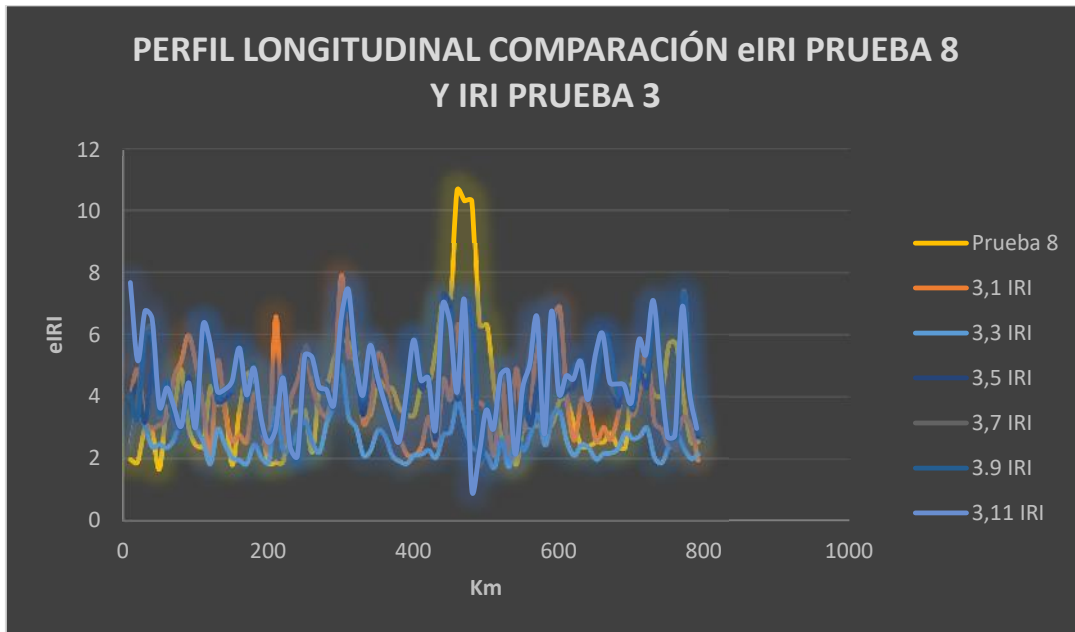
Fuente: Propia

Grafica 99 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 8 y 3



Fuente: Propia

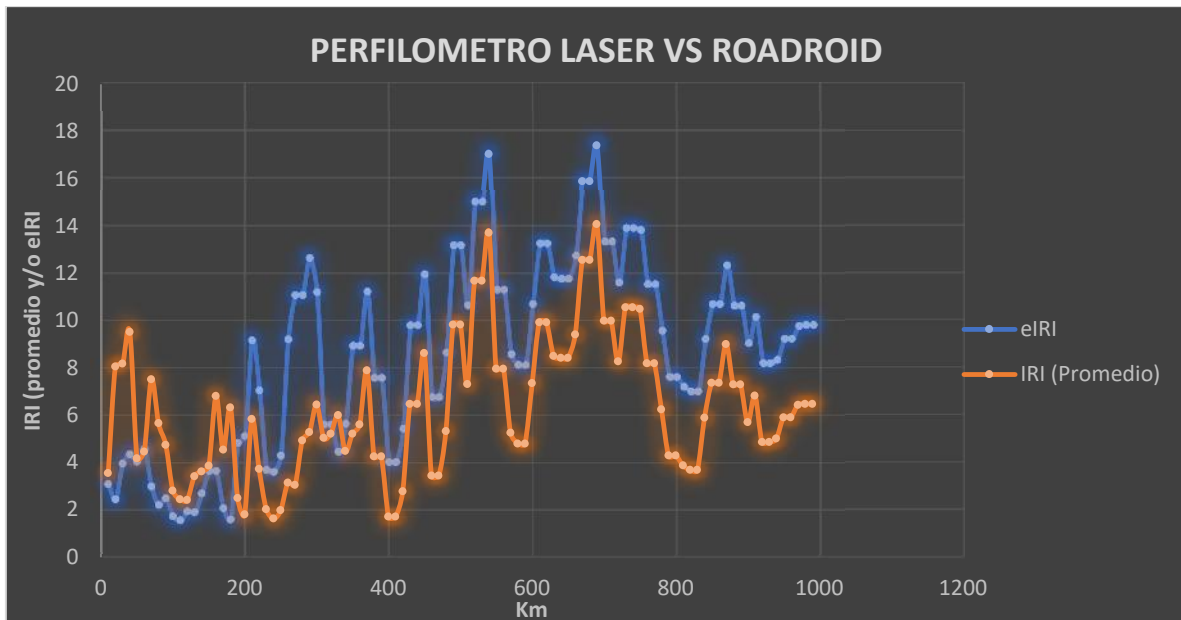
Grafica 100 Perfil longitudinal comparación eIRI prueba 7 y IRI prueba 3



Fuente: Propia

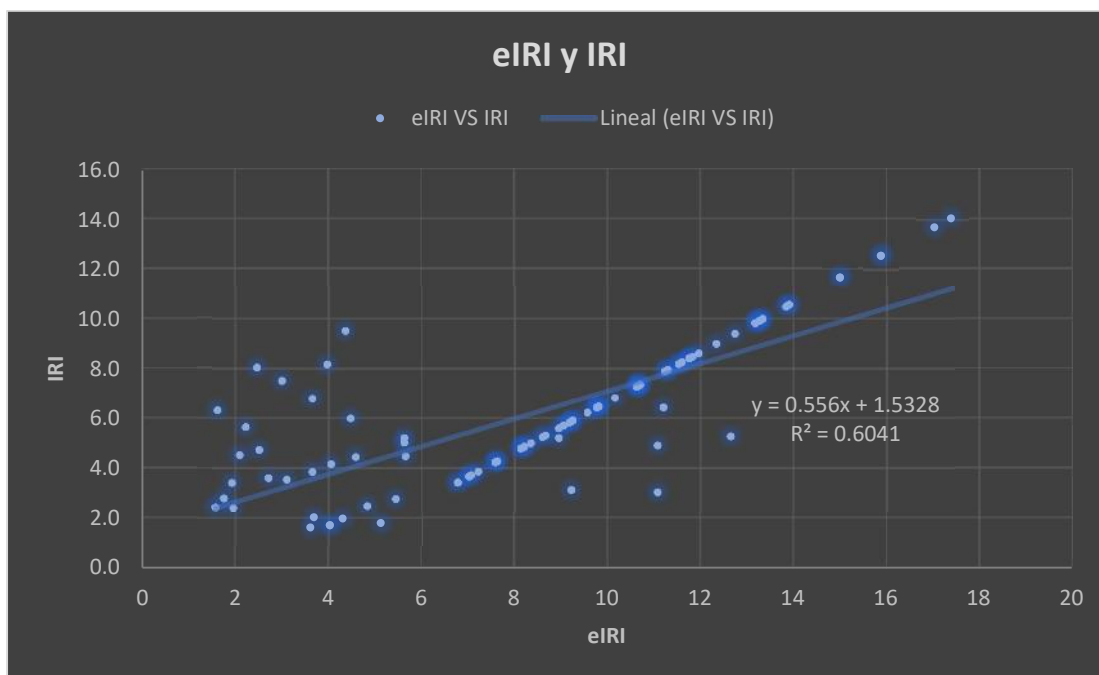
Se observa que la correlación es muy baja o no existe tanto para la comparación entre las lecturas de la aplicación y las del perfilómetro, por lo que se toma la decisión de cambiar el tipo de soporte y calibrar la aplicación bajando la sensibilidad en la configuración de la aplicación.

Grafica 101 Prueba 9 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



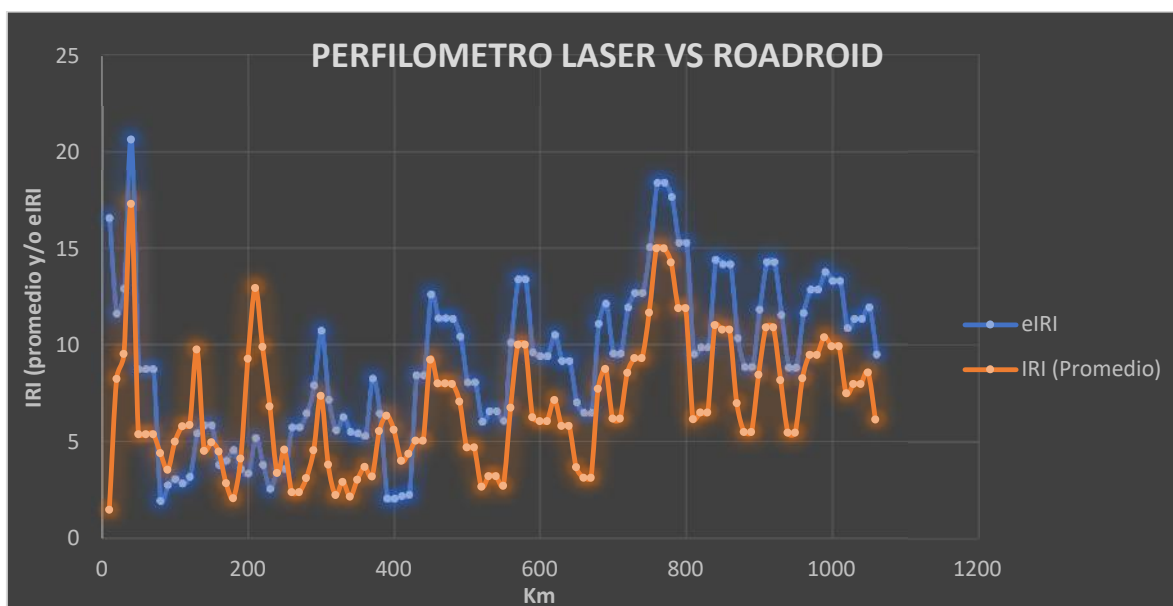
Fuente: Propia

Grafica 102 Determinación de la Prueba 9 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



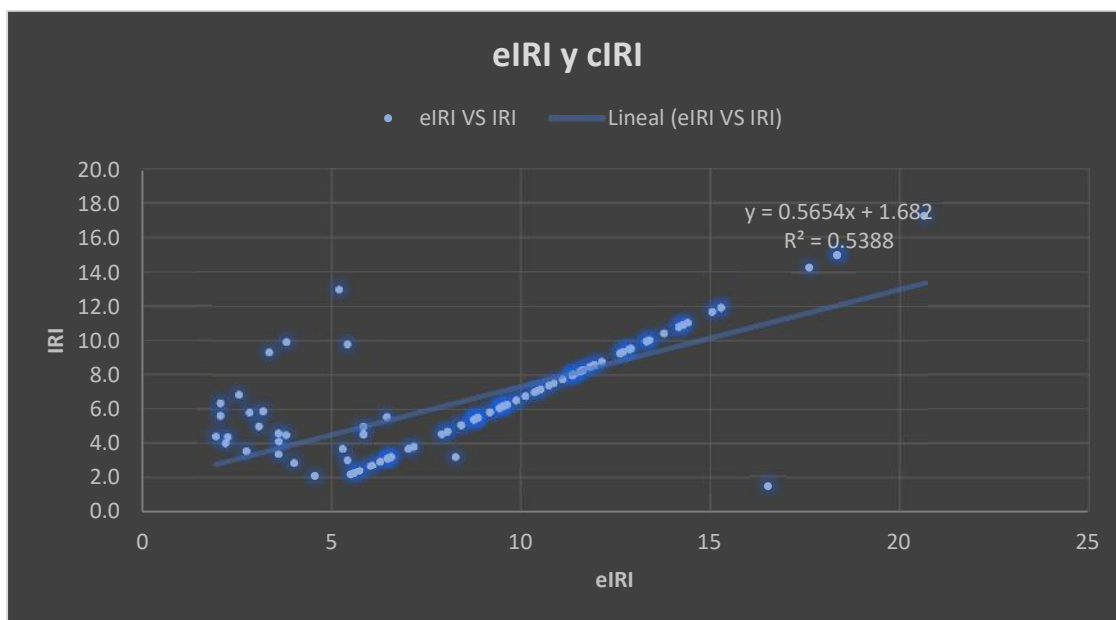
Fuente: Propia

Grafica 103 Prueba 10 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo



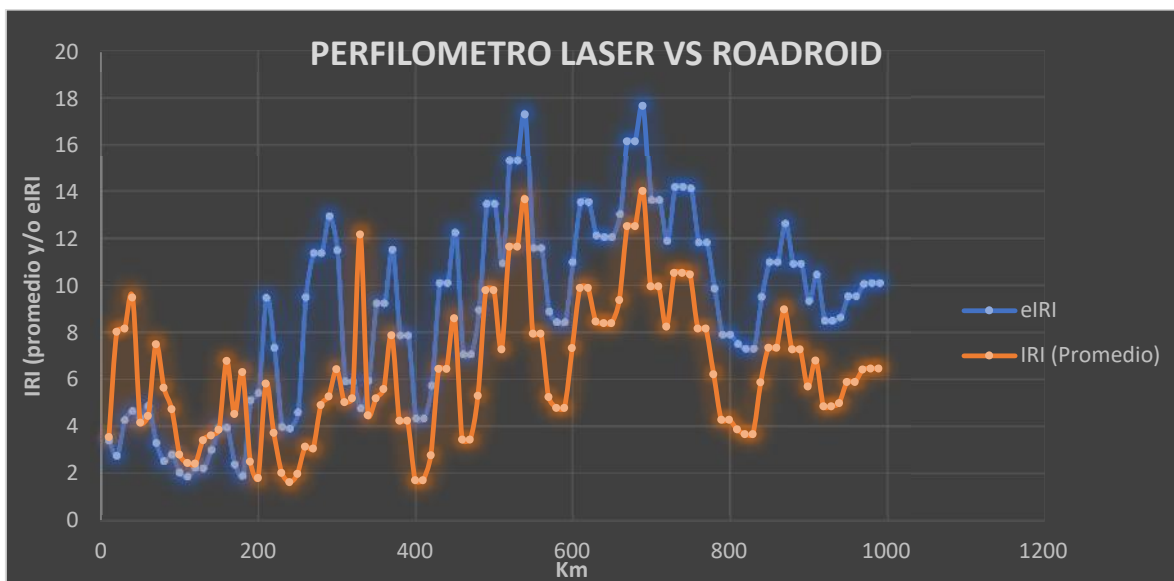
Fuente: Propia

Grafica 104 Determinación de la Prueba 10 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur – norte carril izquierdo



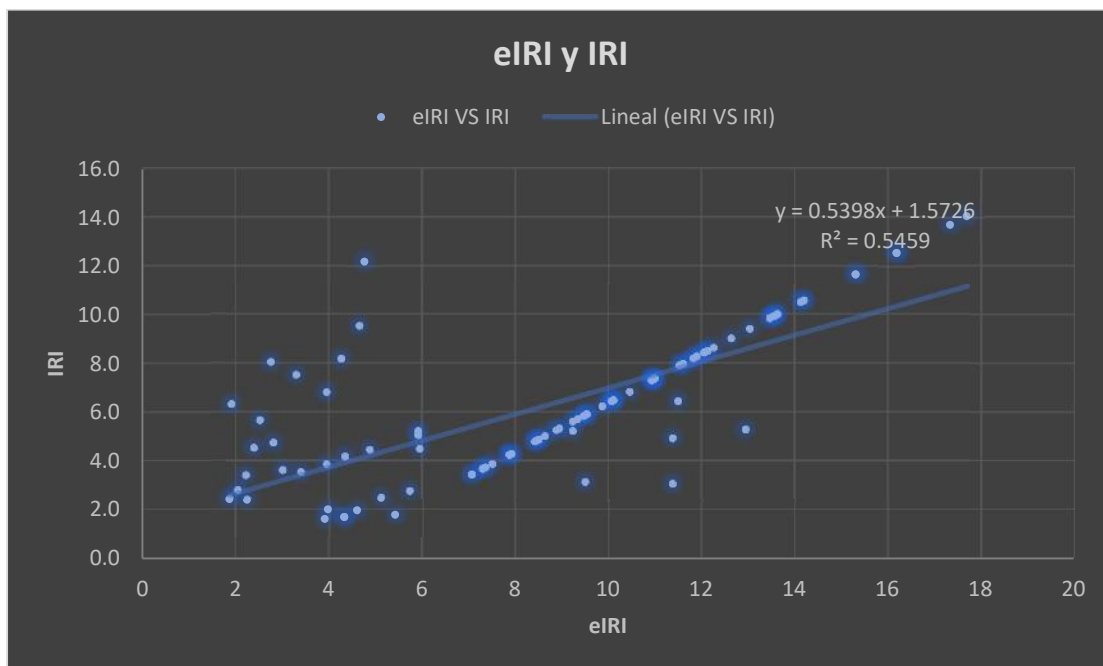
Fuente: Propia

Grafica 105 Prueba 11 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



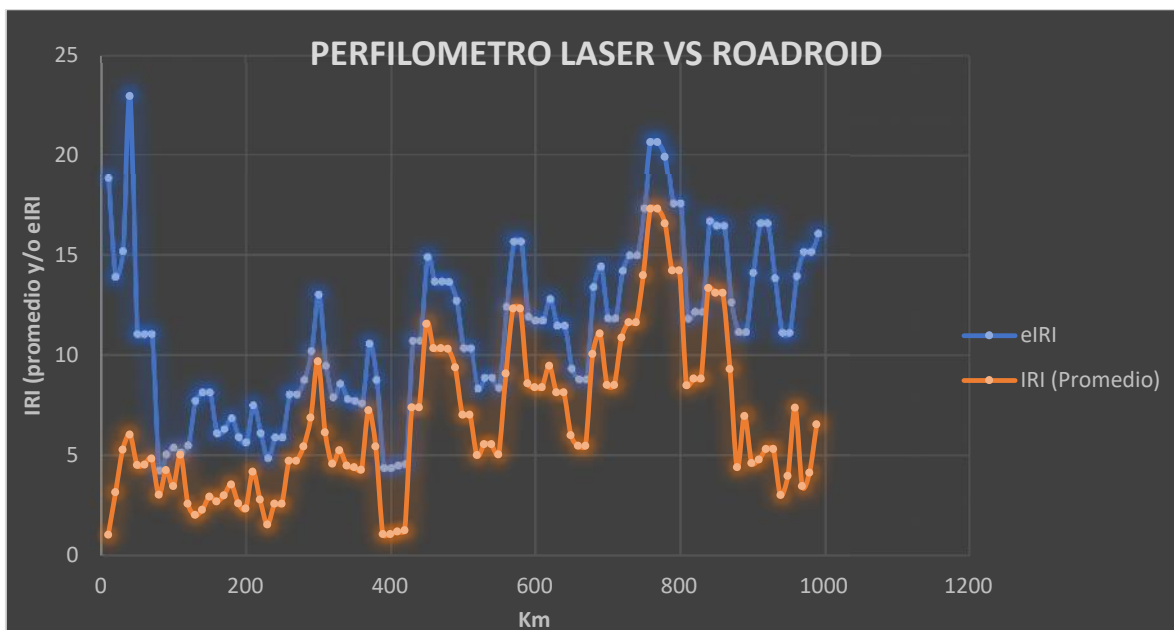
Fuente: Propia

Grafica 106 Determinación de la Prueba 11 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



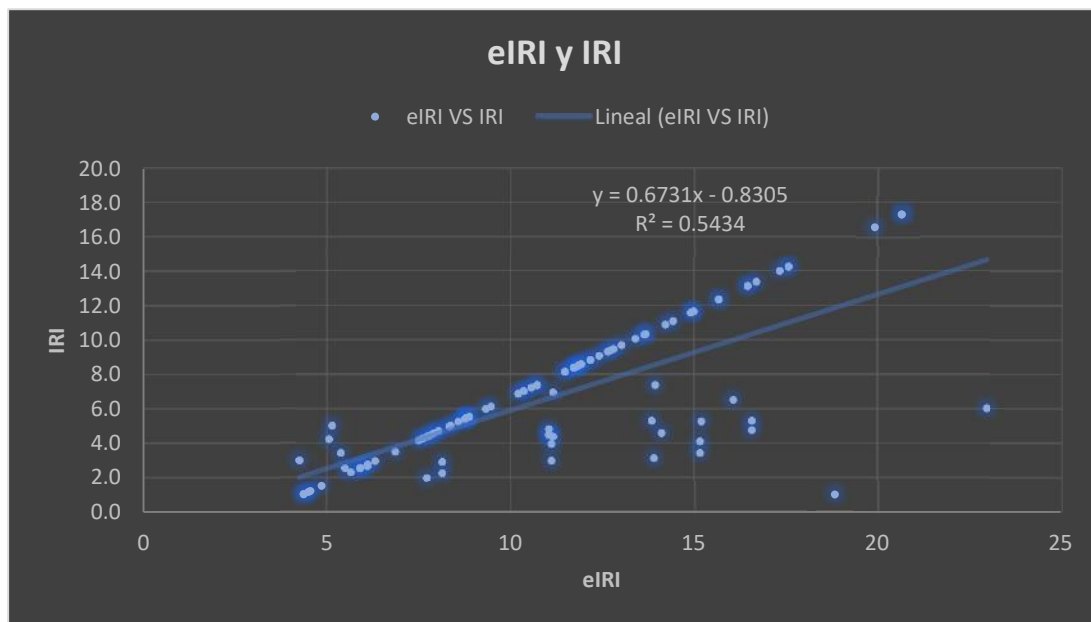
Fuente: Propia

Grafica 107 Prueba 13 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur- norte carril izquierdo



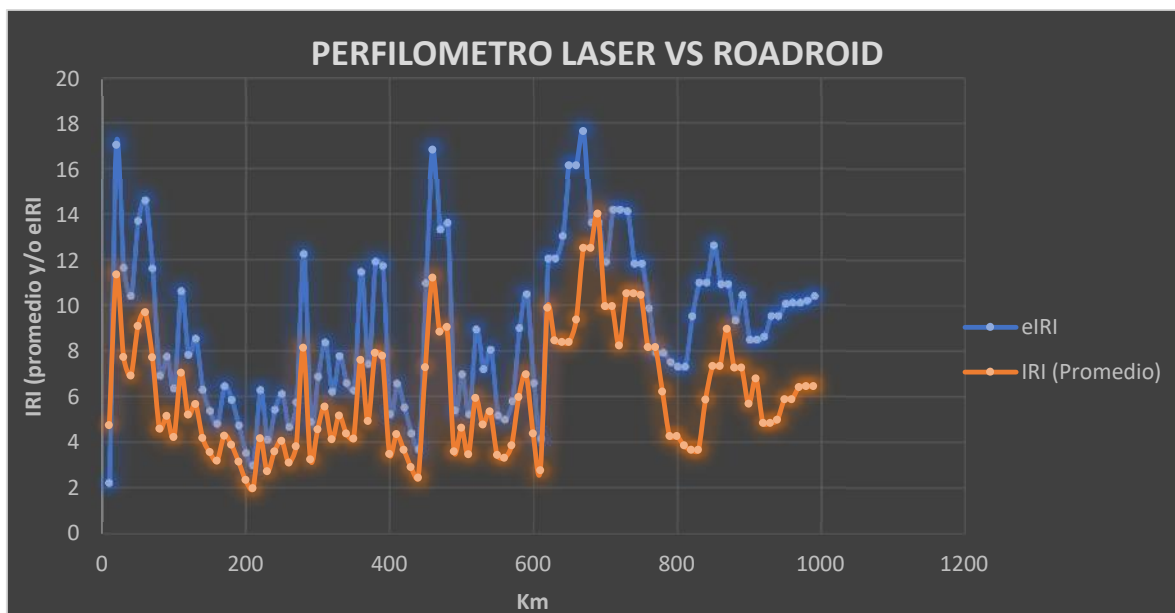
Fuente: Propia

Grafica 108 Determinación de la Prueba 13 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo



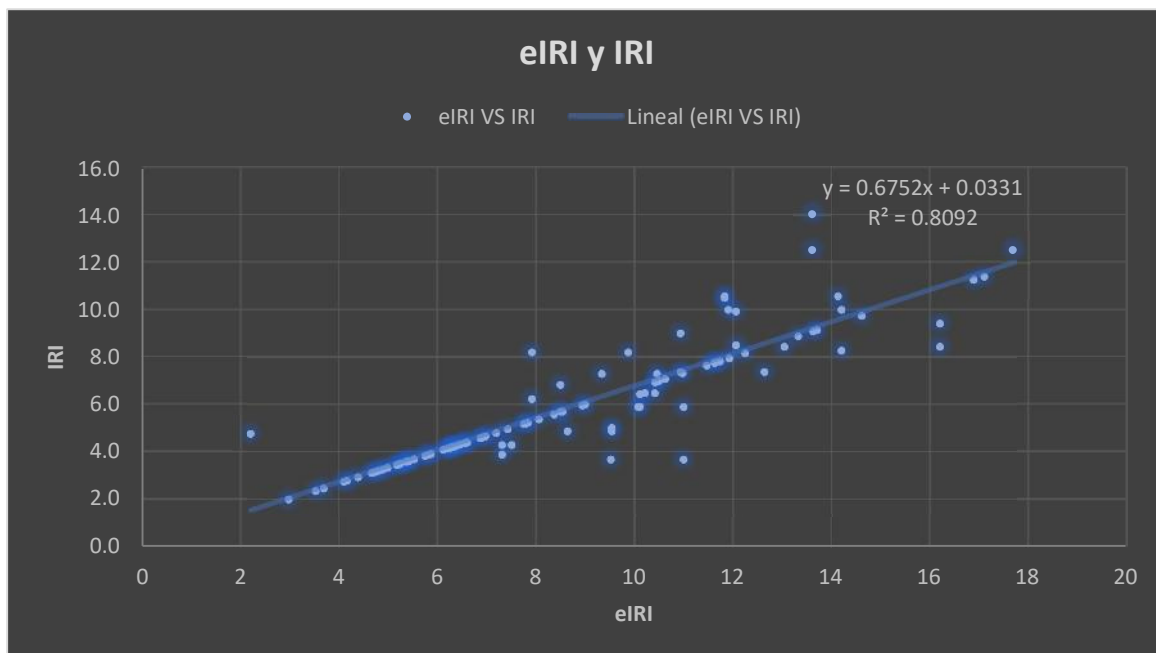
Fuente: Propia

Grafica 109 Prueba 14 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur carril izquierdo



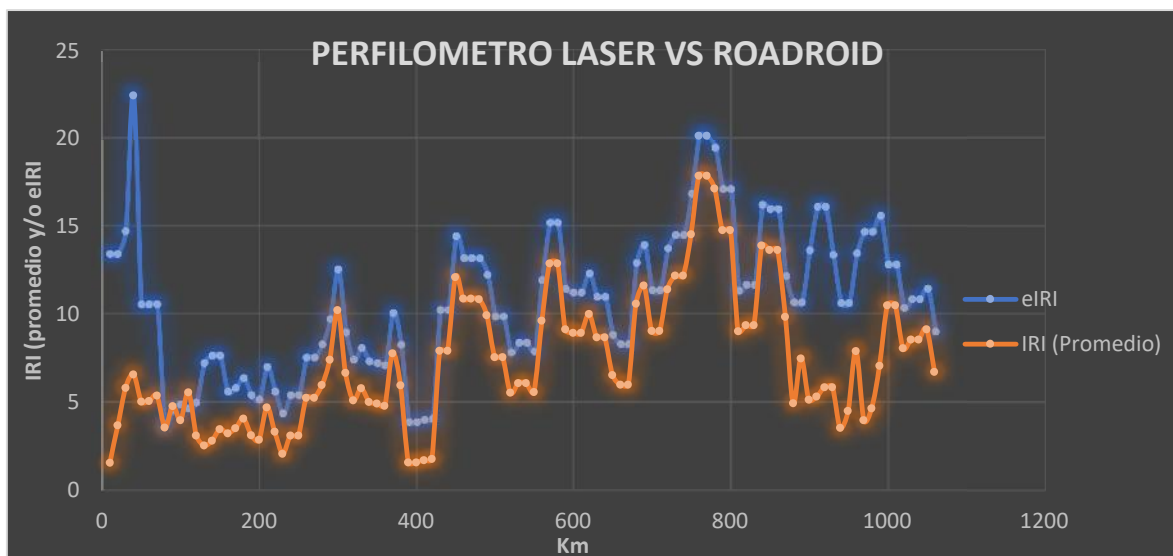
Fuente: Propia

Grafica 110 Determinación de la Prueba 14 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur carril izquierdo



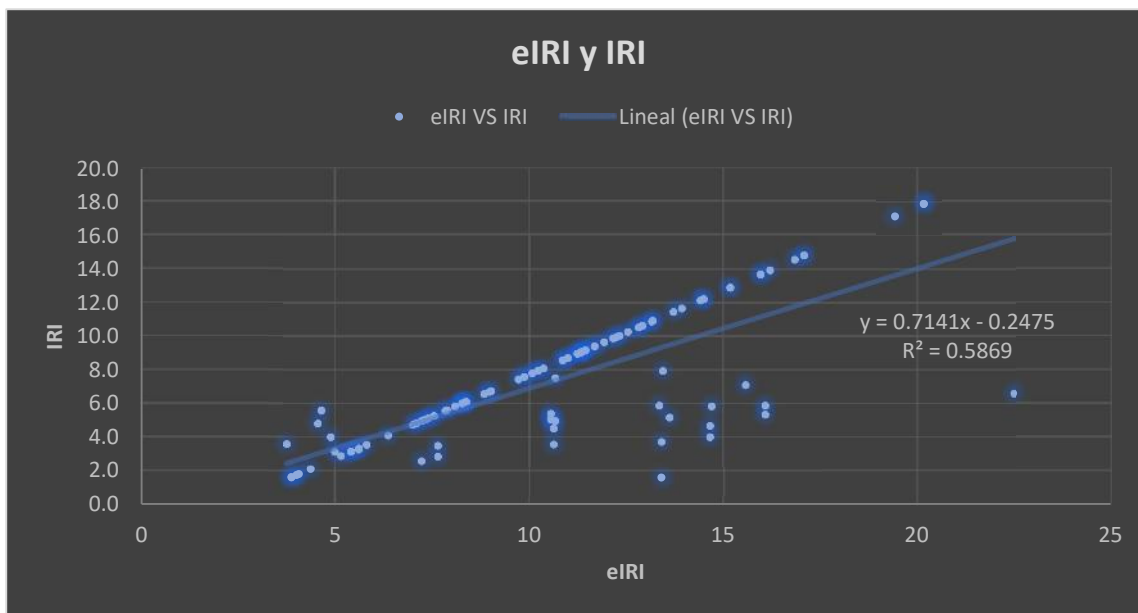
Fuente: Propia

Grafica 111 Prueba 15 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo



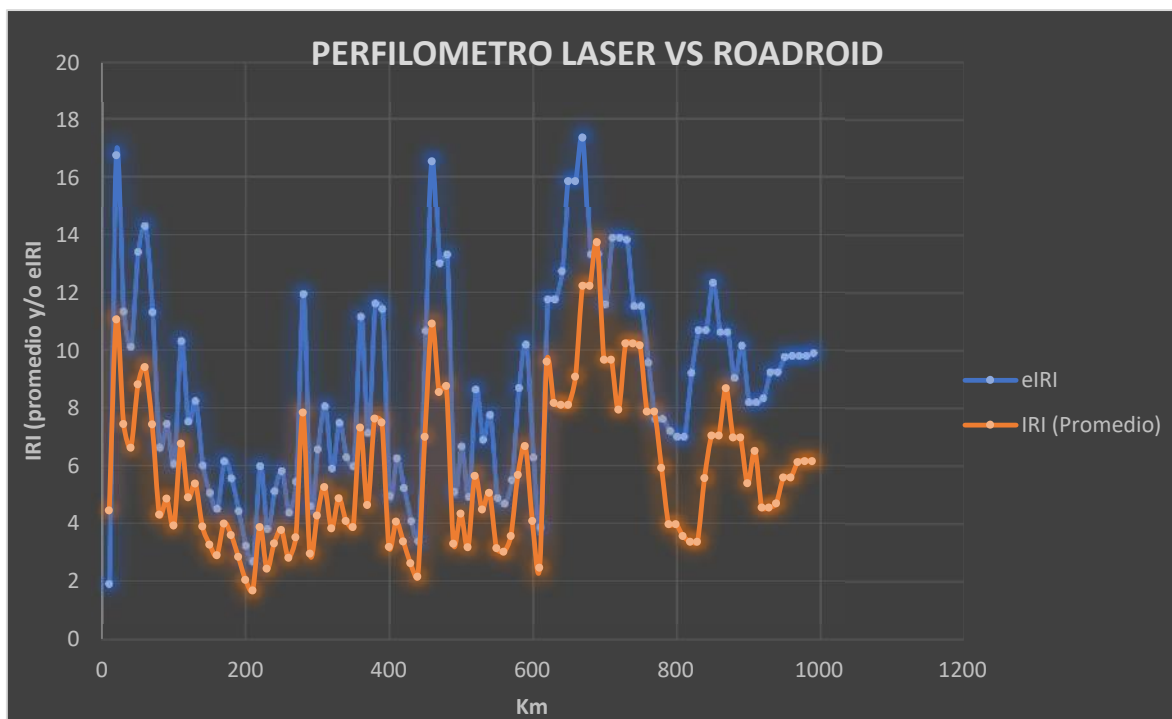
Fuente: Propia

Grafica 112 Determinación de la Prueba 15 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur -norte carril izquierdo



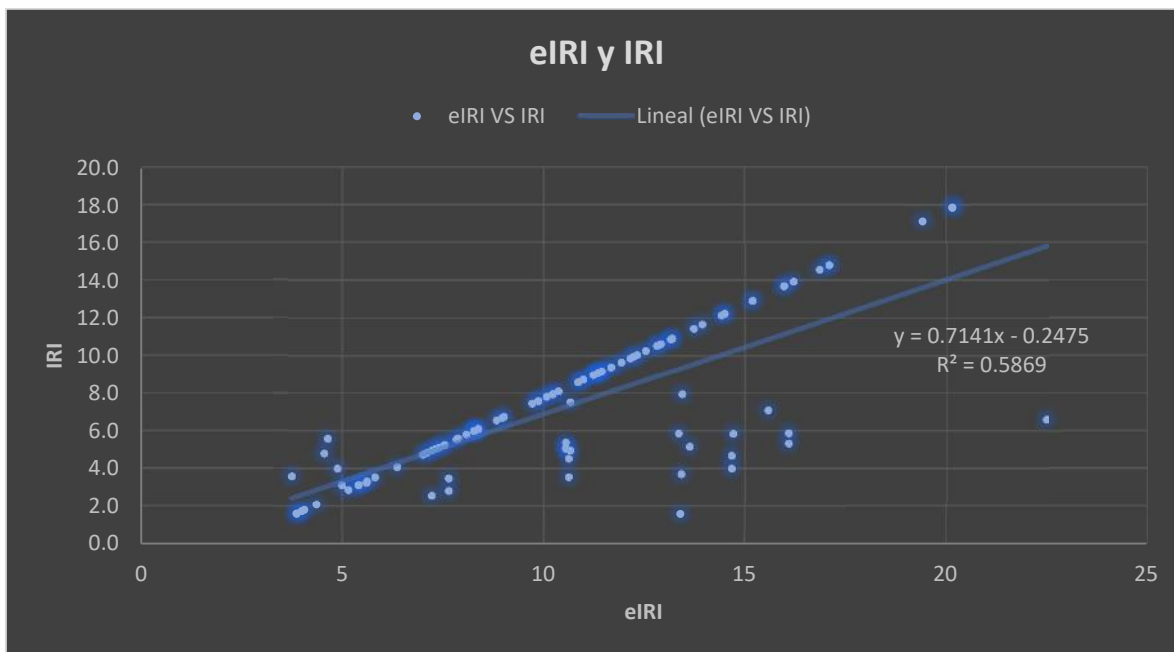
Fuente: Propia

Grafica 113 Prueba 16 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur- carril izquierdo



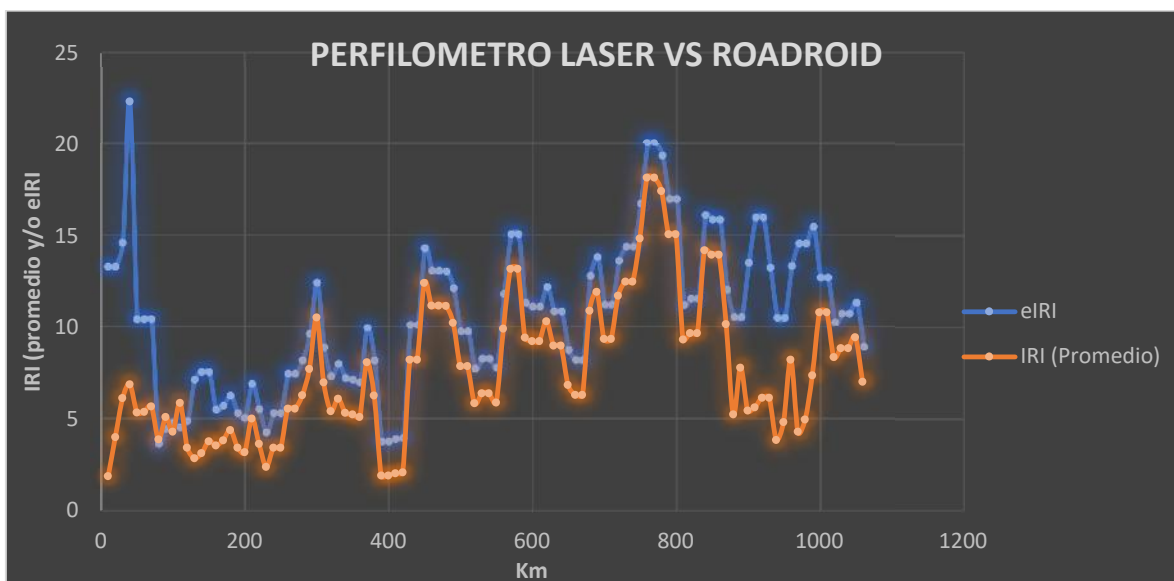
Fuente: Propia

Grafica 114 Determinación de la Prueba 16 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte - sur carril izquierdo



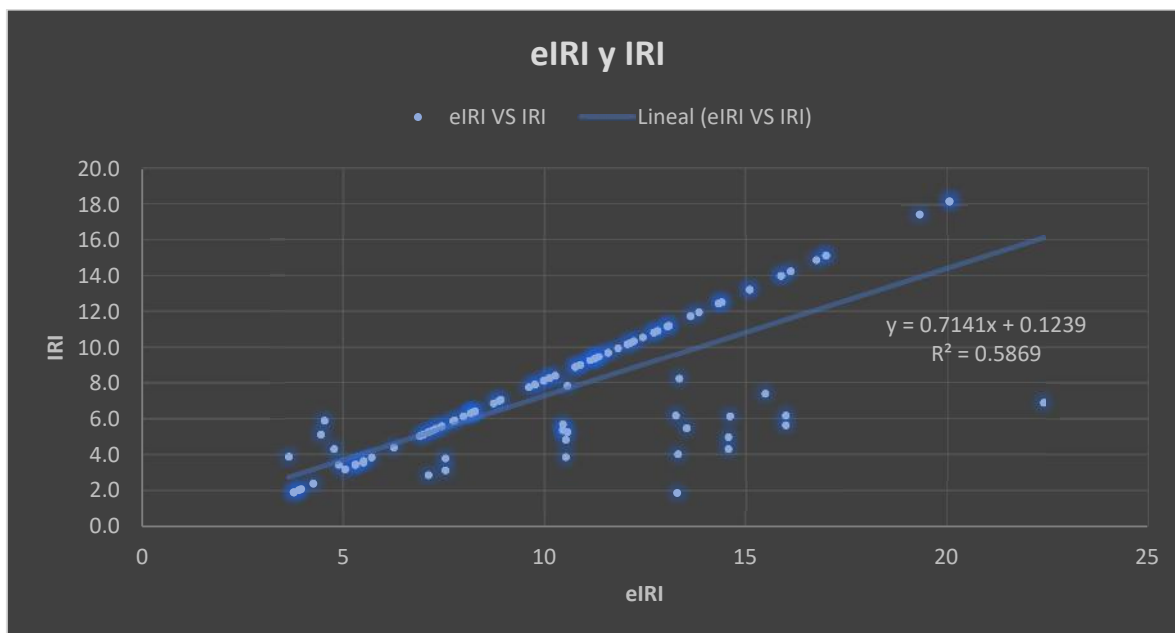
Fuente: Propia

Grafica 115 Prueba 17 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo



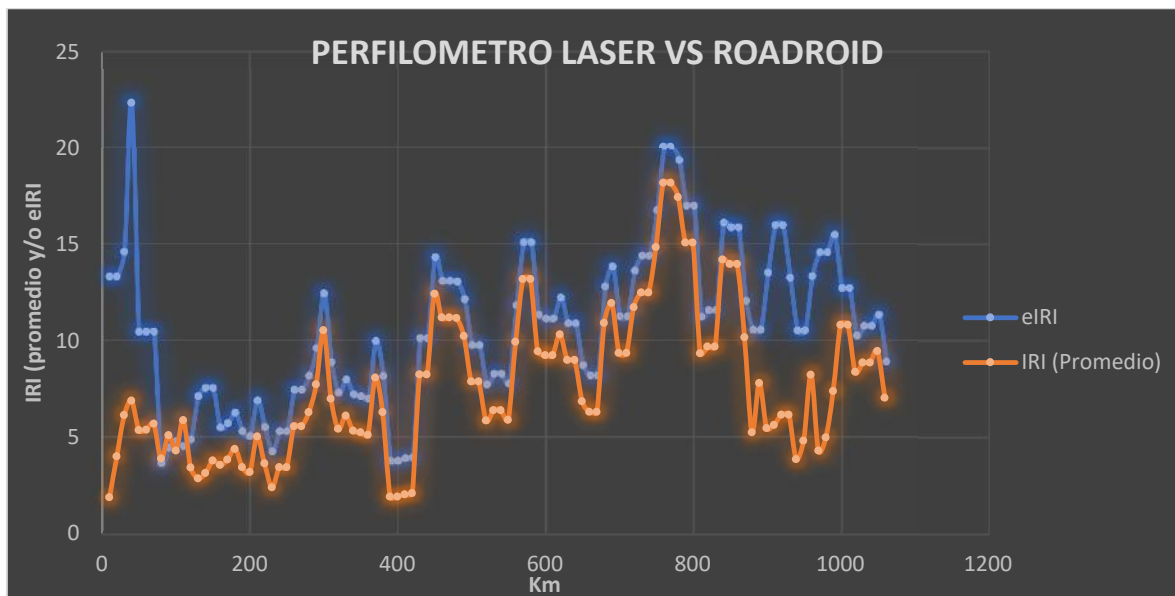
Fuente: Propia

Grafica 116 Determinación de la Prueba 17 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur – norte carril izquierdo



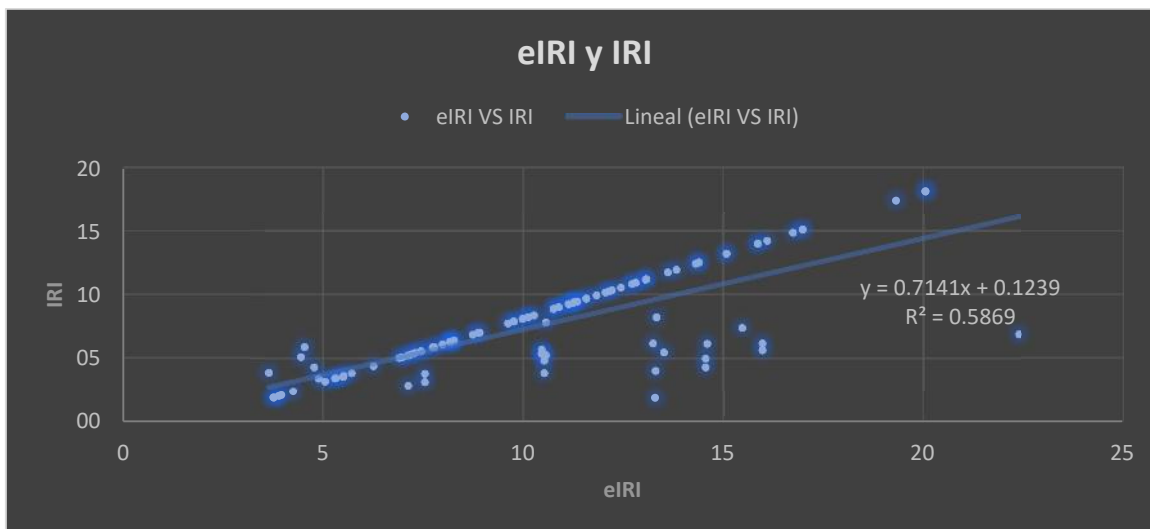
Fuente: Propia

Grafica 117 Prueba 18 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



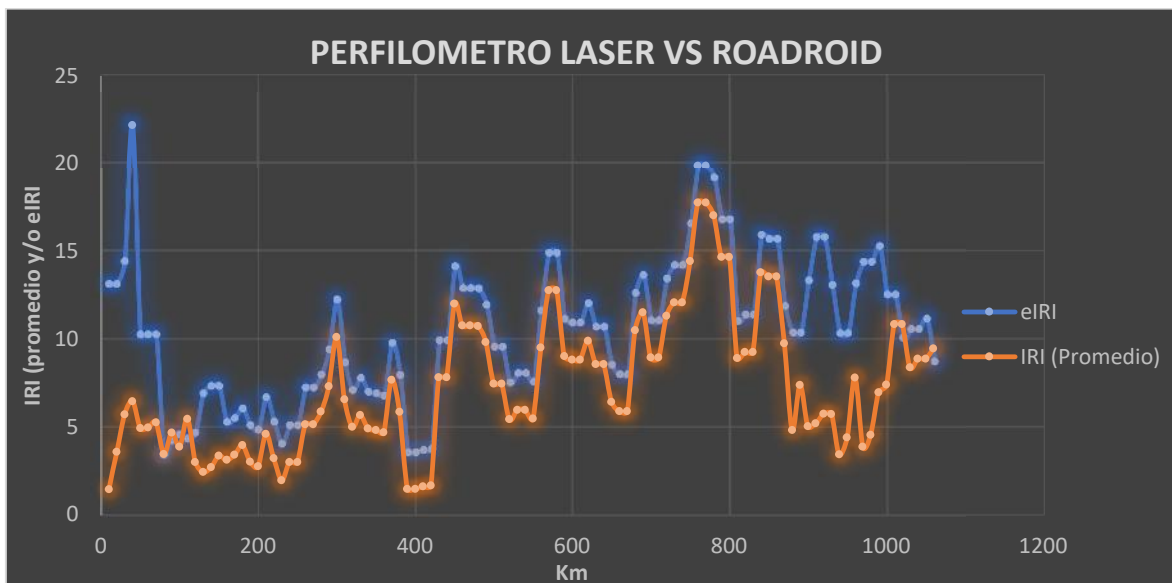
Fuente: Propia

Grafica 118 Determinación de la Prueba 18 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



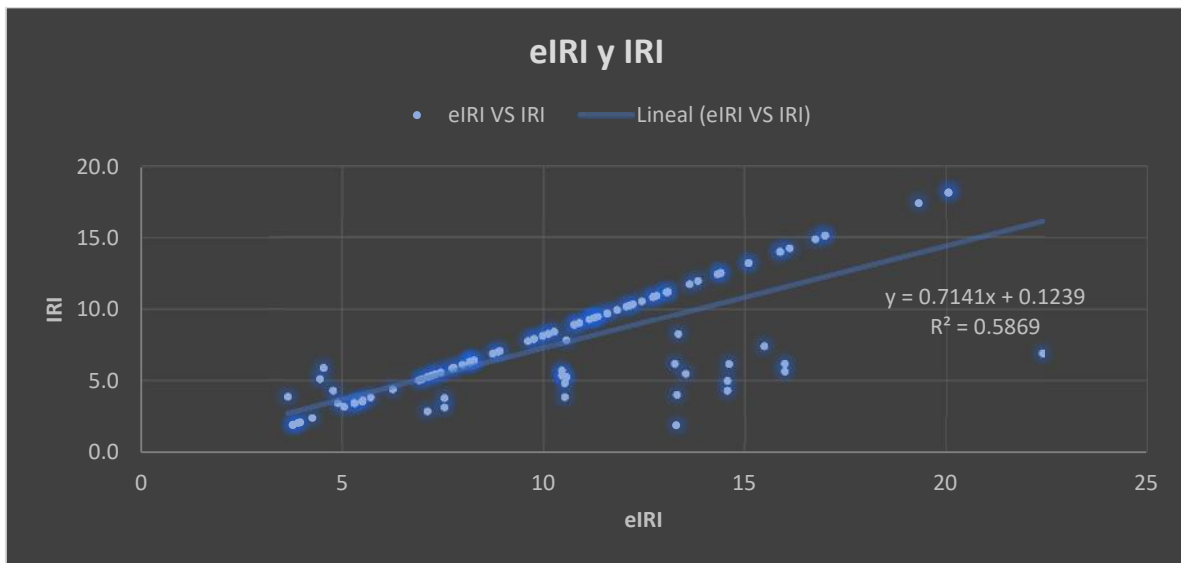
Fuente: Propia

Grafica 119 Prueba 19 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur - norte carril izquierdo



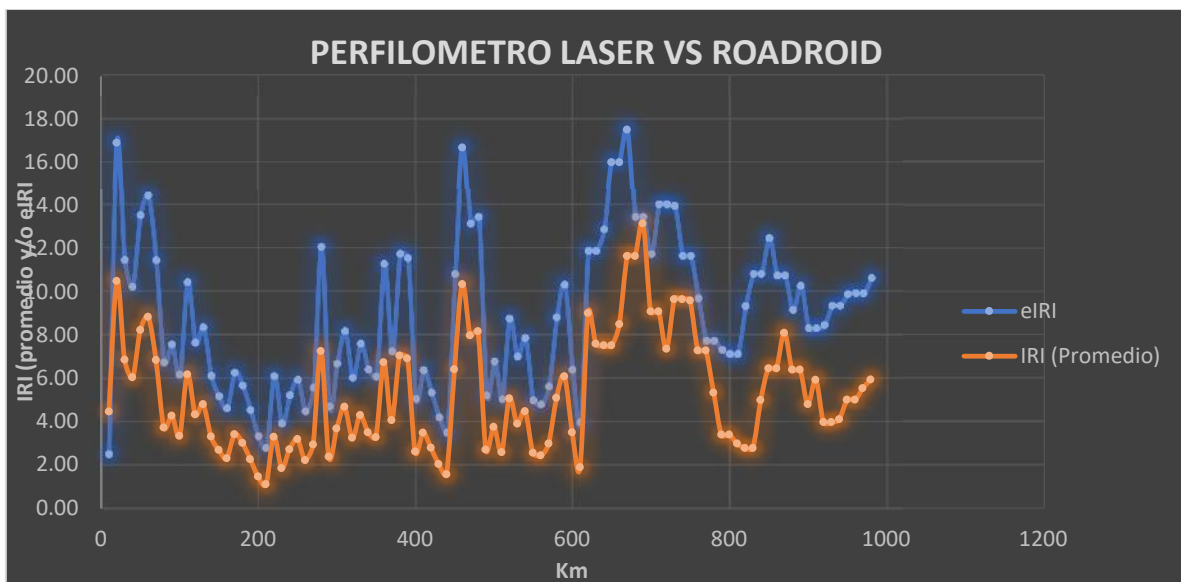
Fuente: Propia

Grafica 120 Determinación de la Prueba 19 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido sur – norte carril izquierdo



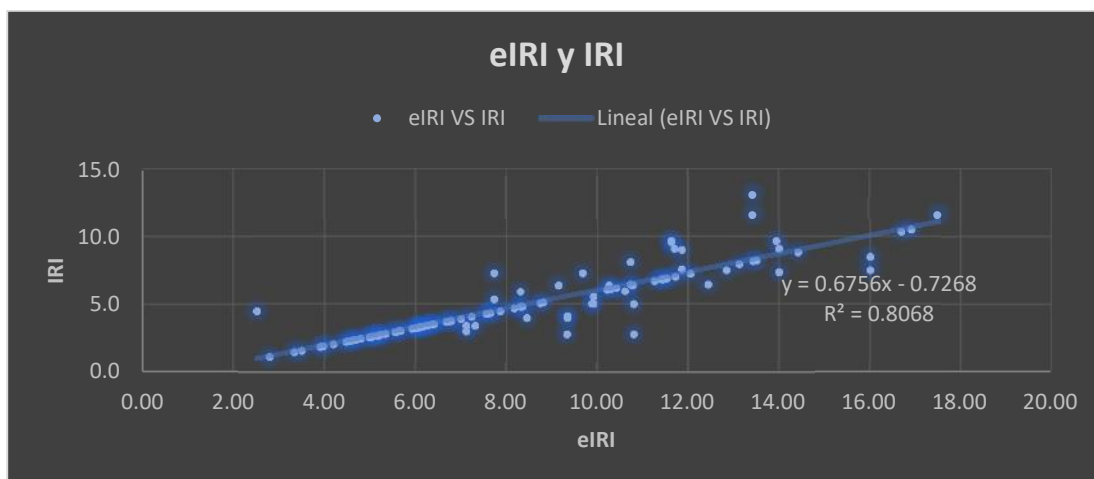
Fuente: Propia

Grafica 121 Prueba 20 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



Fuente: Propia

Grafica 122 Determinación de la Prueba 20 carrera 60 entre transversal 59ª y la glorieta de la 63 sentido norte – sur carril izquierdo



Fuente: Propia

Posteriormente se realizó 10 pruebas en las cuales se requirió realizar el cambio del soporte en dos oportunidades inicialmente por un soporte rígido parabrisas y realizar nuevas mediciones en vías urbanas y concesionadas en los cuales los valores obtenidos tenía una correlación entre el perfilómetro laser y la aplicación Roadroid entre el 90% y 73% que se puede indicar que se encuentra en un correlación muy alta y alta ver resumen tabla 14.

Tabla 14 resumen prueba 9 a la 20 con soporte a parabrisas

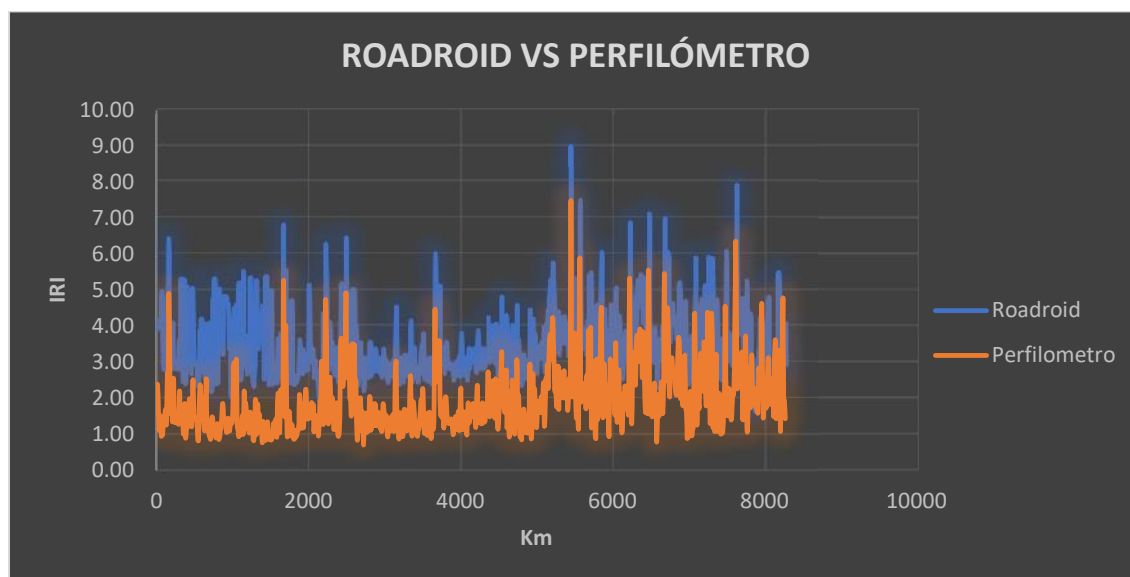
PRUEBAS PREVIAS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

LECTURA	eIRI (m/km) PROMEDIO	IRI (m/km) PROMEDIO	VELOCIDAD (km/h) PROMEDIO	DISTANCIA m	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
9	8,57	6,30	46,67	990	78%
10	9,09	45,98	45,98	1060	73%
11	8,87	6,36	45,50	990	74%
13	11,24	6,82	47,28	1060	74%
14	9,03	6,13	50,84	990	90%
15	10,69	7,39	50,82	1060	77%
16	8,72	5,83	44,97	990	90%
17	10,59	7,69	51,08	1060	86%
18	9,12	5,63	42,67	990	90%
19	10,39	7,29	51,08	1060	76%
20	8,82	5,23	46,65	980	90%
Total				68845	m

Fuente: Propia

Se evidencia que la mayoría de las lecturas tiene correlaciones muy altas y otras altas, por lo que se procede a realizar la prueba final en una vía concesionada que permite una mayor velocidad, finalmente se realizó una prueba en 3 tramos de la vía Bogotá – La Vega - Villeta, en la cual la correlación más alta está en un 90% y 73% % que se puede indicar que se encuentra en un correlación muy alta y alta, la 1 lectura se graficó el perfil longitudinal de los datos obtenidos:

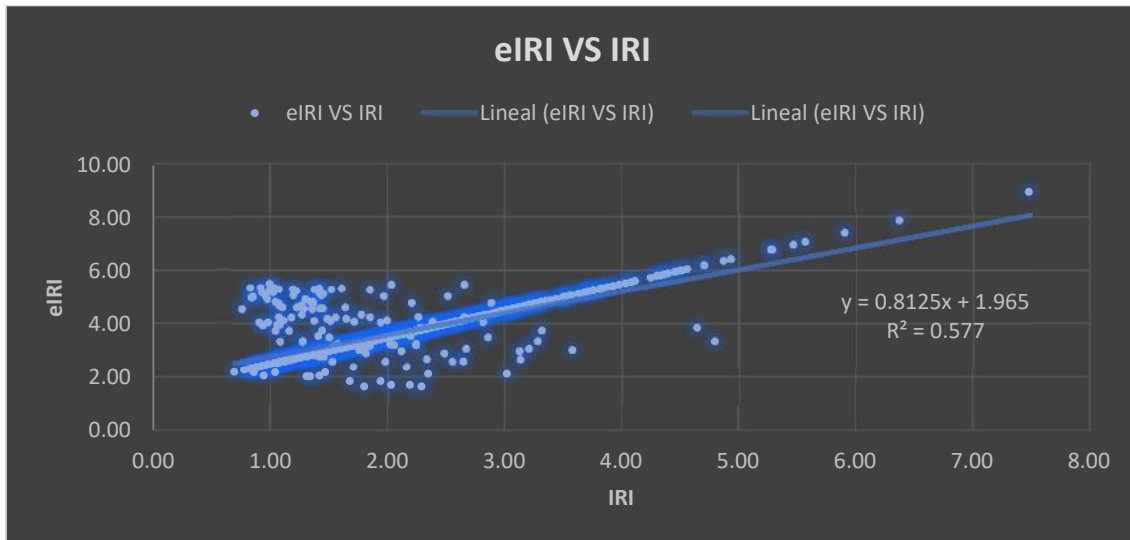
Grafica 123 Perfil Longitudinal lectura 1 K16+300 al K24+700 Bogotá el carril izquierdo – sentido Bogotá – La Vega - Villeta



Fuente: Propia

Se observa un perfil longitudinal promedio obtenido con el perfilómetro laser más conservador y un perfil de la aplicación Roadroid con un mayor reporte de IRI, no obstante, se observa la misma tendencia en los reportes de mayor daño como se puede apreciar en la gráfica 124.

Grafica 124 Gráfico de correlación y determinación lectura 1 K16+300 al K24+700 Bogotá el carril izquierdo – sentido Bogotá – La Vega - Villeta

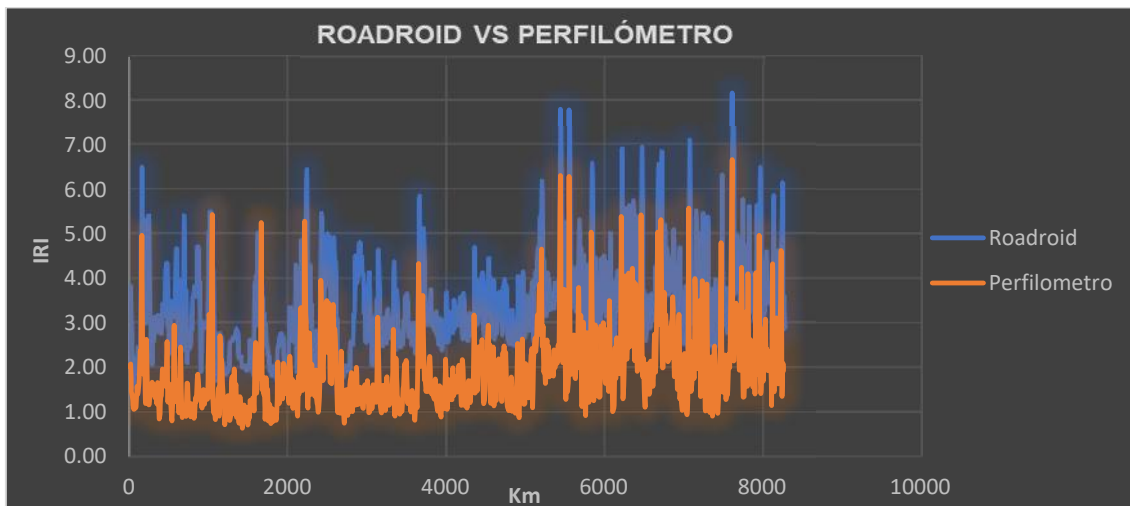


Fuente: Propia

Coeficiente de correlación del IRI y eIRI es de 0.76 esto implica una correlación alta, la correlación de determinación es de R^2 es de 0,58.

A continuación, la gráfica 125 se observa el comparativo entre los valores obtenidos con el perfilómetro laser y la aplicación.

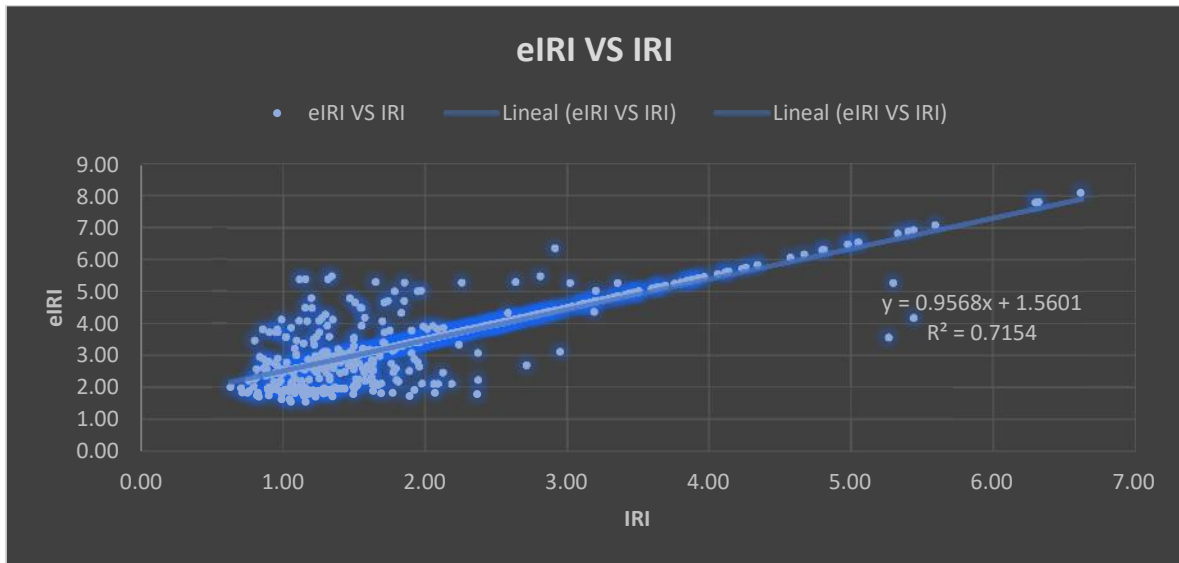
Grafica 125 Perfil Longitudinal lectura 2 K16+300 al K24+700 Bogotá el carril izquierdo – sentido – Villeta- La Vega - Bogotá



Fuente: Propia

Análogamente se realizó una segunda medición en la cual observar que el perfil y/o datos obtenidos con la aplicación sigue la misma tendencia además los datos de la aplicación reportan mayores a la aplicación, además se comparó el eIRI y el IRI ver grafica 126.

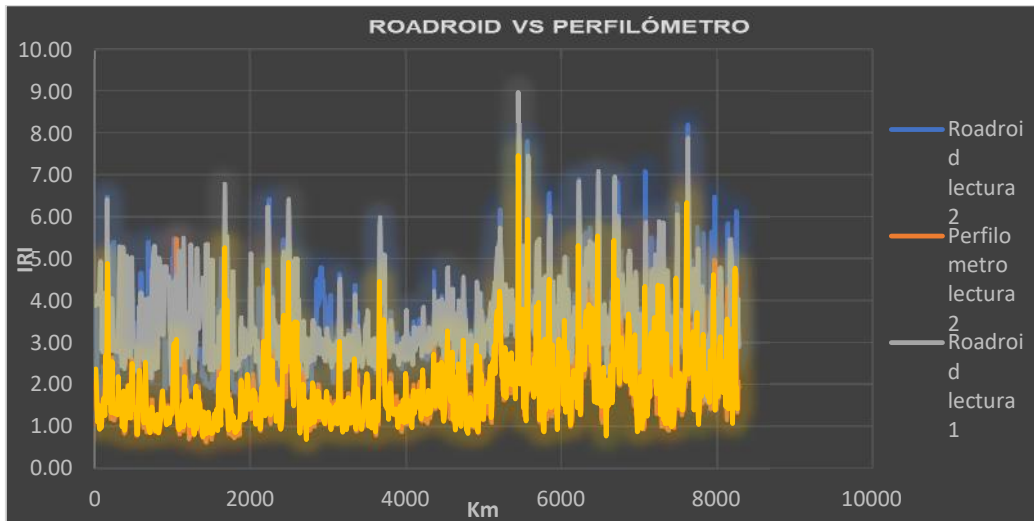
Grafica 126 Gráfico de correlación y determinación lectura 2 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Bogotá– La Vega- Villeta



Fuente: Propia

La correlación entre los datos del perfilómetro laser y los arrojados por la aplicación Roadroid tienen una correlación muy alta y es de 0,85, adicionalmente se relazo un comparativo entre los datos de IRI reportados por el perfilómetro laser y los eIRI de la aplicación, ver grafica 127.

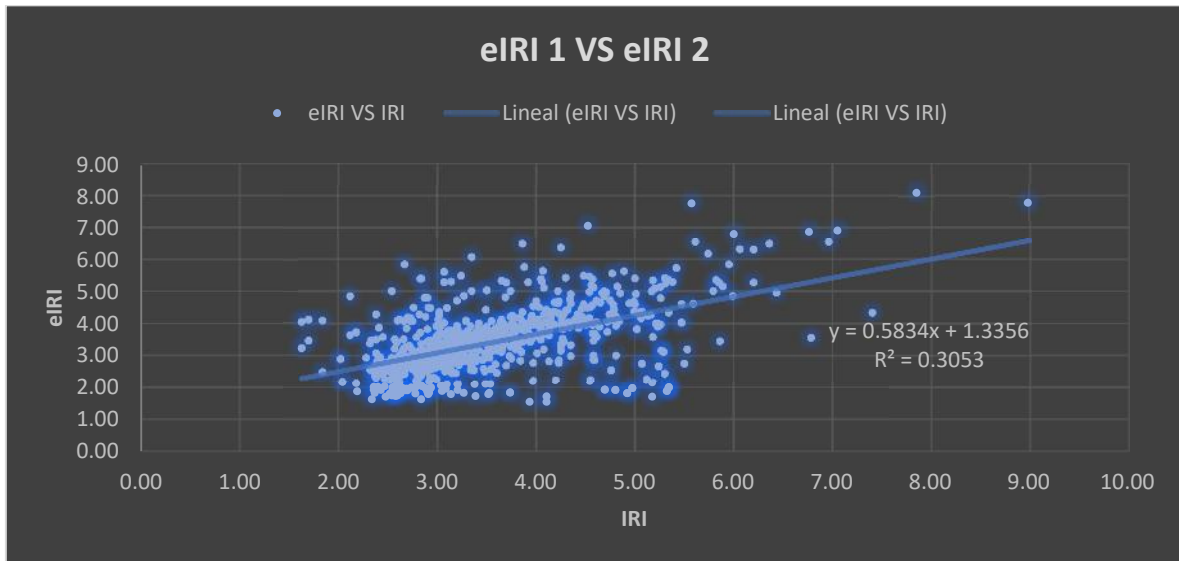
Grafica 127 Comparación de perfil longitudinal lectura de perfilómetro y Roadroid de la lectura 1 y 2



Fuente: Propia

Al realizar una gráfica para comprar los perfiles de la lectura 1 y 2 tanto del perfilómetro laser y la aplicación Roadroid se observa la misma tendencia en el perfil longitudinal ver grafica 128.

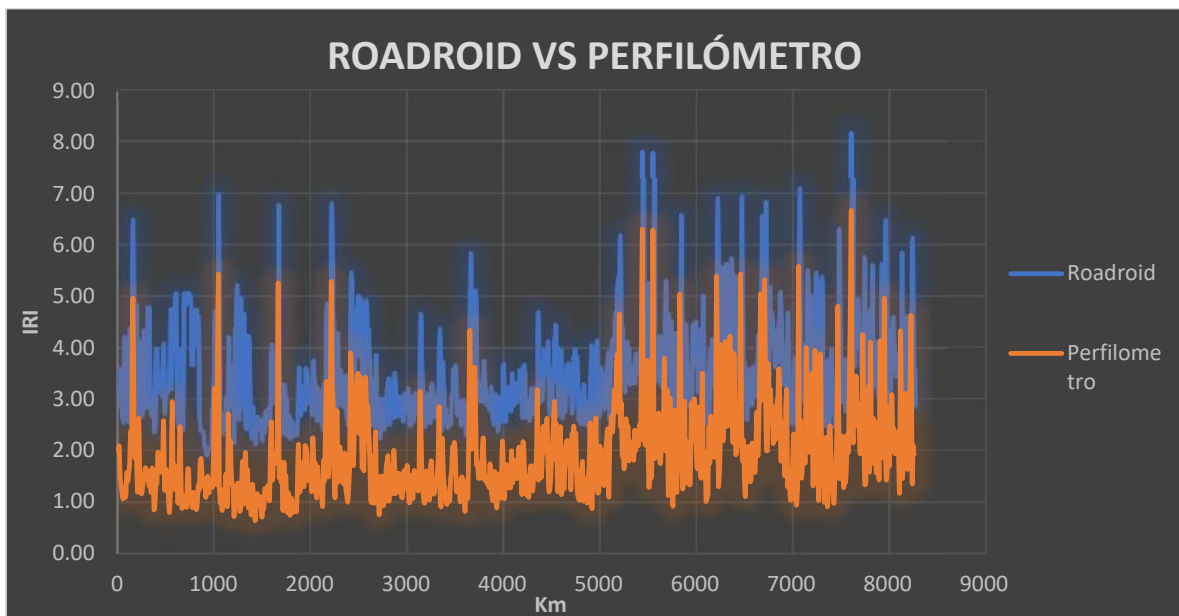
Grafica 128 Correlación de eIRI lectura 1 y eIRI lectura 2



Fuente: Propia

Al evaluar los datos obtenidos en la aplicación Roadroid la correlación es de 0,55 que es una correlación moderada, esto se puede deber a distintas variables como es la velocidad de la medición, ver grafica 129.

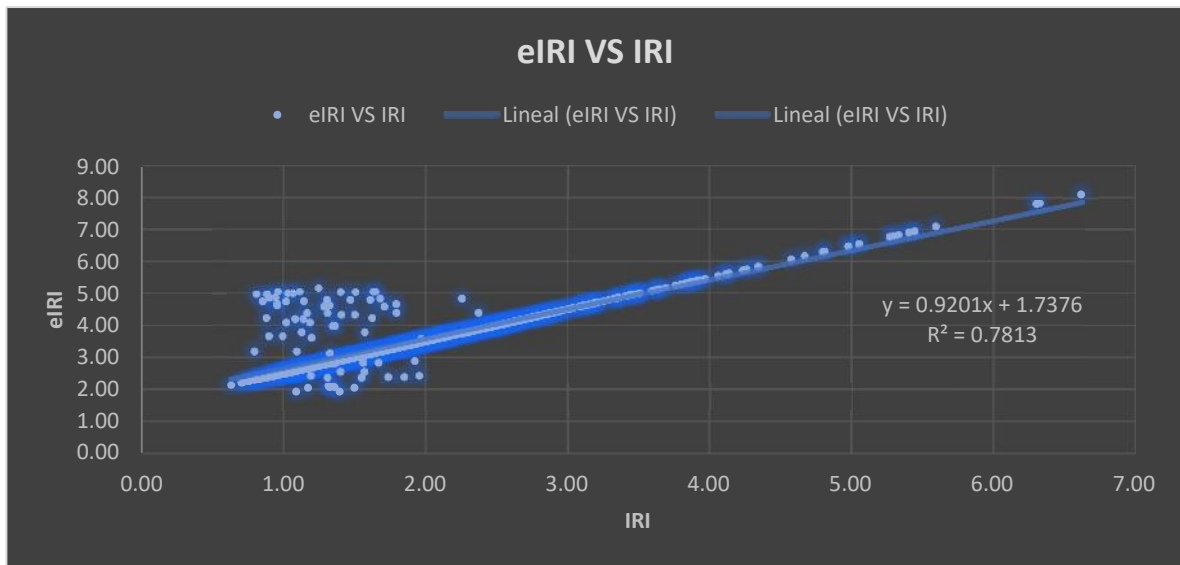
Grafica 129 Perfil longitudinal lectura 3 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

Es importante destacar que la aplicación y Roadroid presentan una similitud en el perfil longitudinal y guarda un esquema claro del estado de la vía, ver gráfica 130.

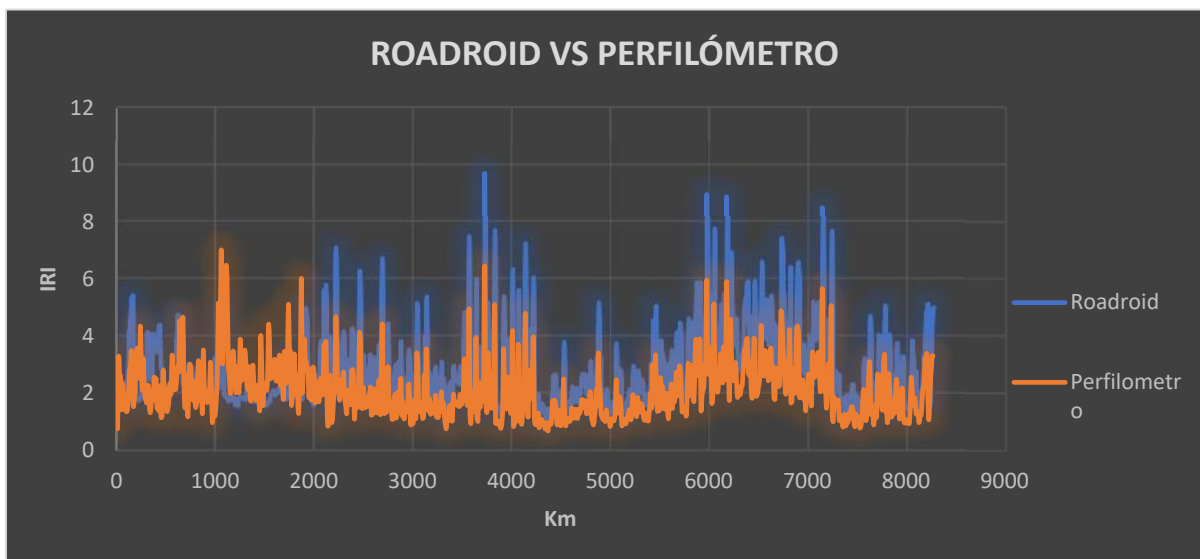
Grafica 130 Correlación eIRI y IRI lectura 3 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Villeta – La Vega – Bogotá



Fuente: Propia

El coeficiente de correlación es de 0.88 en consecuencia es una correlación de datos muy alta entre los datos de la aplicación Roadroid y los datos del perfilómetro laser, ver grafica 131.

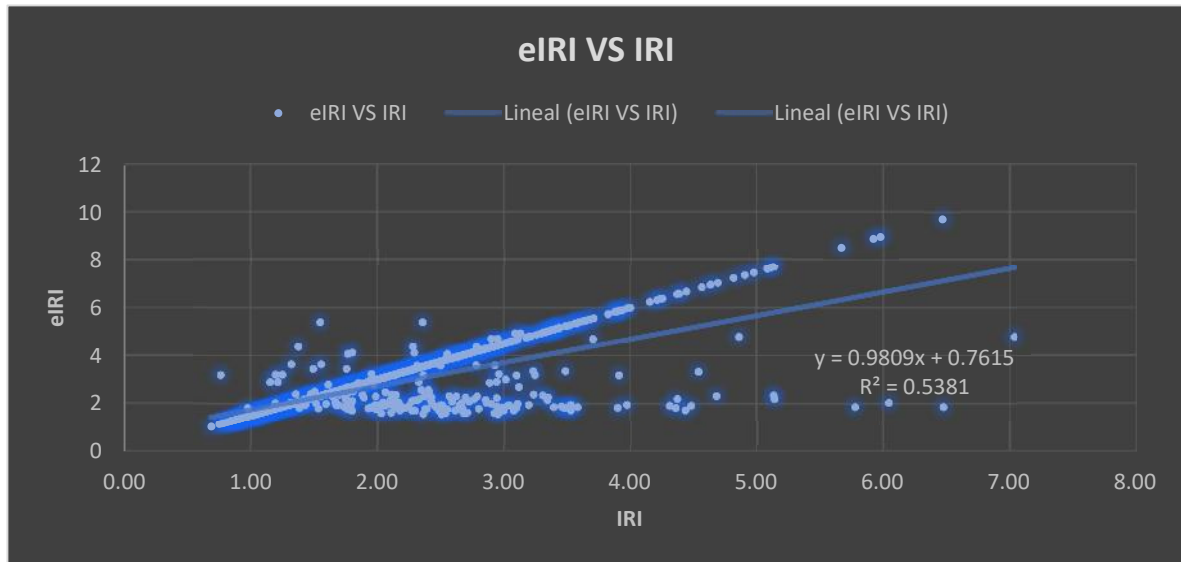
Grafica 131 Perfil longitudinal lectura 4 K16+300 al K24+700 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá



Fuente: Propia

Se observa un perfil longitudinal entre la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser muy cercano para esta medición, ver grafica 132.

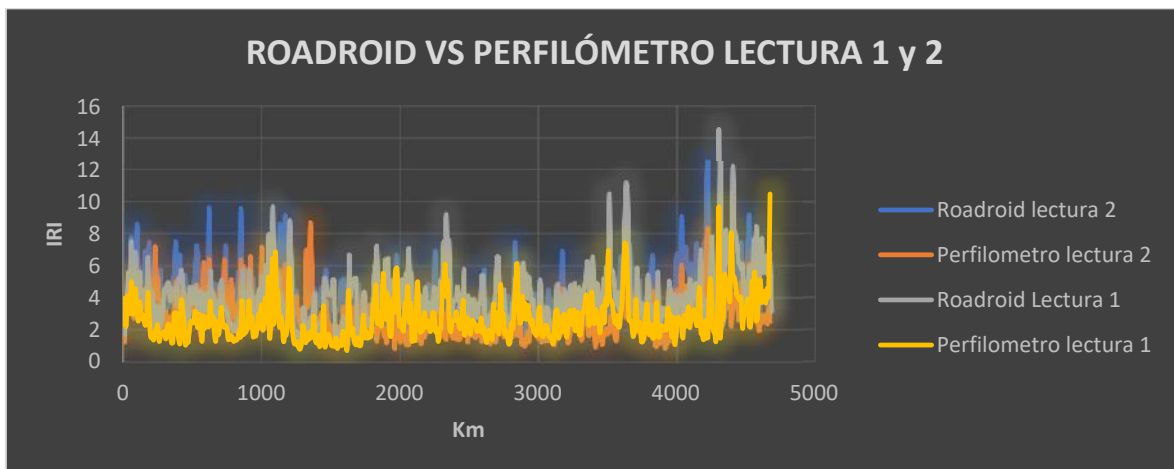
Grafica 132 Correlación lectura 4 K16+300 al K24+700 carril izquierdo sentido Villeta- La Vega- Bogotá



Fuente: Propia

No obstante, la correlación de datos es solo alta con un valor de 0,73, a continuación, se correlacionan la primera lectura con el perfilómetro laser y con la aplicación, ver grafica 133.

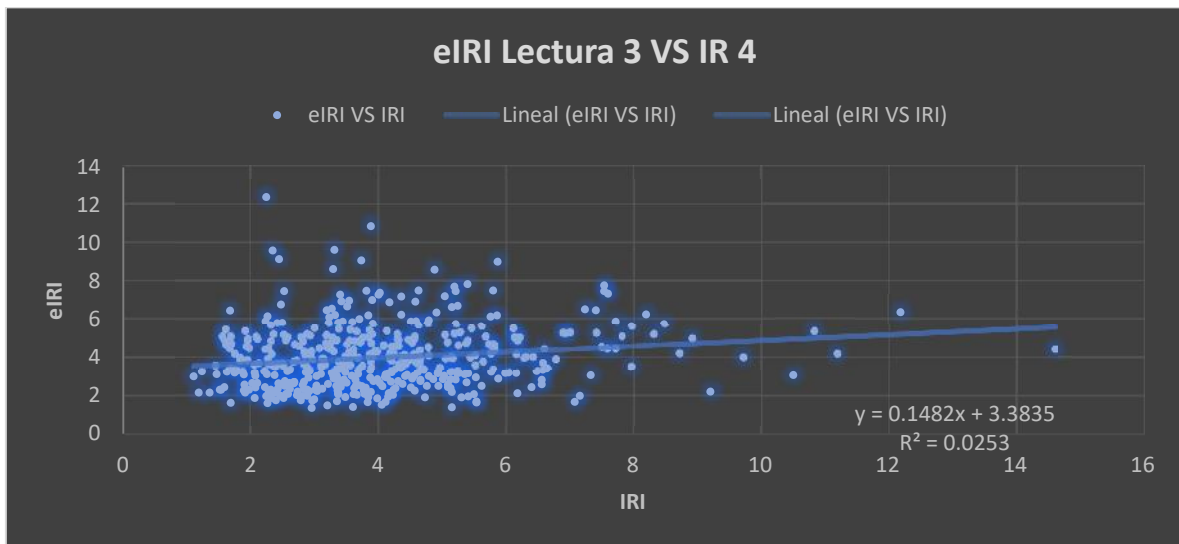
Grafica 133 Comparación de perfil longitudinal lectura de perfilómetro y Roadroid de la lectura 3 y 4



Fuente: Propia

Se puede observar que los perfiles longitudinales tanto de la aplicación Roadroid como para el perfilómetro laser es muy similar para cada caso, además se comparó la correlación del eIRI y del IRI, ver grafica 134.

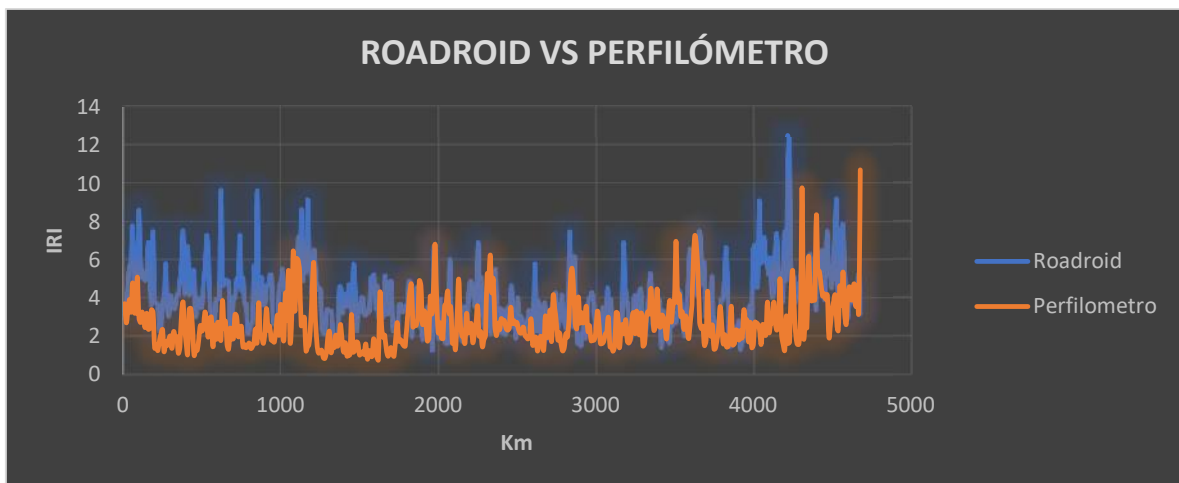
Grafica 134 Correlación eIRI y eIRI lecturas 3 y 4 K16+300 al K24+700 carril izquierdo sentido Villeta - La Vega - Bogotá



Fuente: Propia

La correlación entre las lecturas 3 y 4 es moderada su valor es de 0,53, lo anterior puede implicar que los aspectos de la medición no son similares, adicionalmente se realizó una comparación con el perfil de la via comparando los datos obtenidos entre la aplicación y el perfilómetro laser, ver grafica 135.

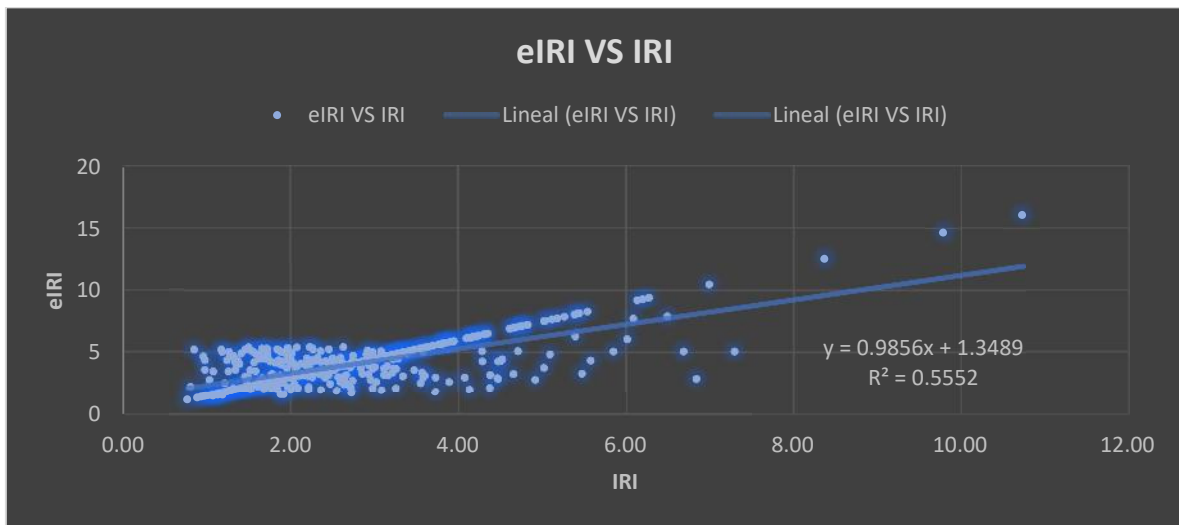
Grafica 135 Perfil longitudinal lectura 5 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

El perfil longitudinal es relativamente similar, en cambio de los anteriores perfiles se ve un cruce entre los datos de la aplicación Roadroid y las del perfilómetro laser, a continuación, se realizó una correlación entre los datos obtenidos, ver grafica 186.

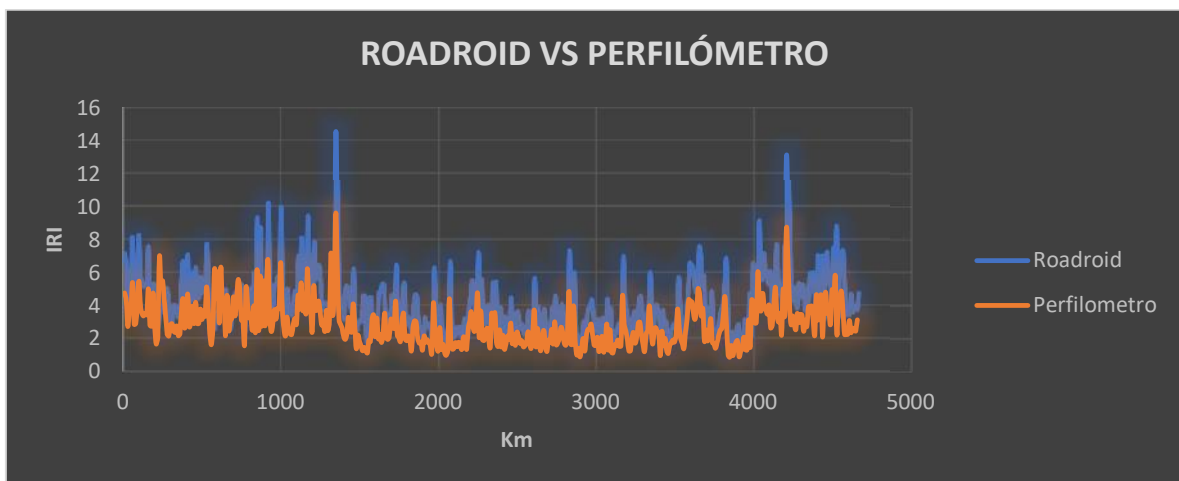
Grafica 136 Correlación eIRI y IRI lectura 5 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

La correlación de entre la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser es de 0,82 naturalmente es muy alta, por otro lado, en la gráfica 137 se puede ver el perfil longitudinal de la lectura 6.

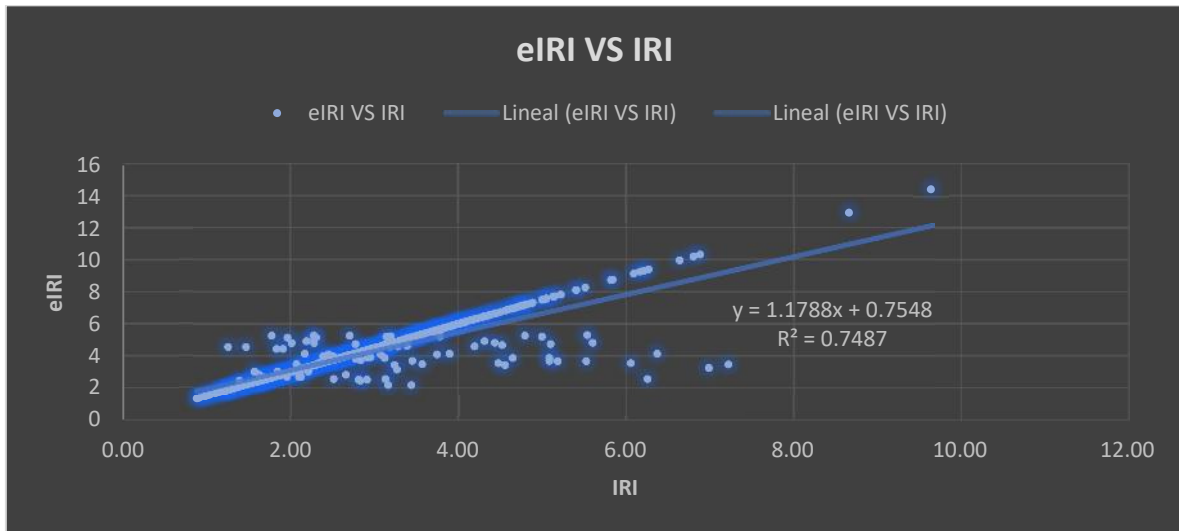
Grafica 137 Perfil longitudinal lectura 6 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

En el perfil longitudinal en la lectura 6 se presenta de forma semejante a los anteriores perfiles en los cuales no existen cruces entre las lecturas de la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser, a continuación, en la gráfica 138 correlación entre las lecturas 6.

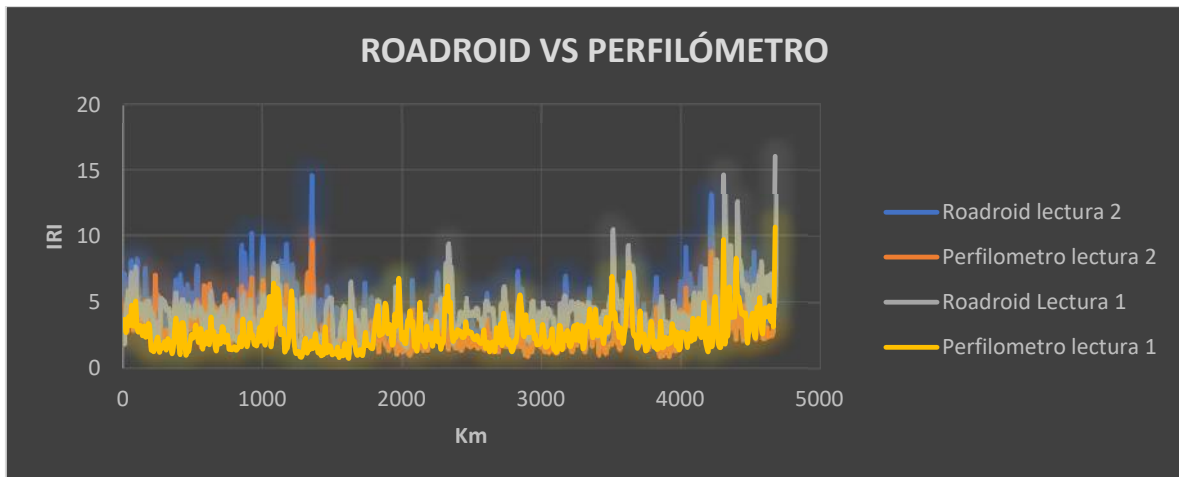
Grafica 138 Correlación eIRI y IRI lectura 6 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

La correlación es alta con un valor de 0,75 por esta razón el grafica se denota puntos dispersos, también se realizó la comparación del perfil longitudinal obtenidos en I lectura 5 y 6 ver grafica 139.

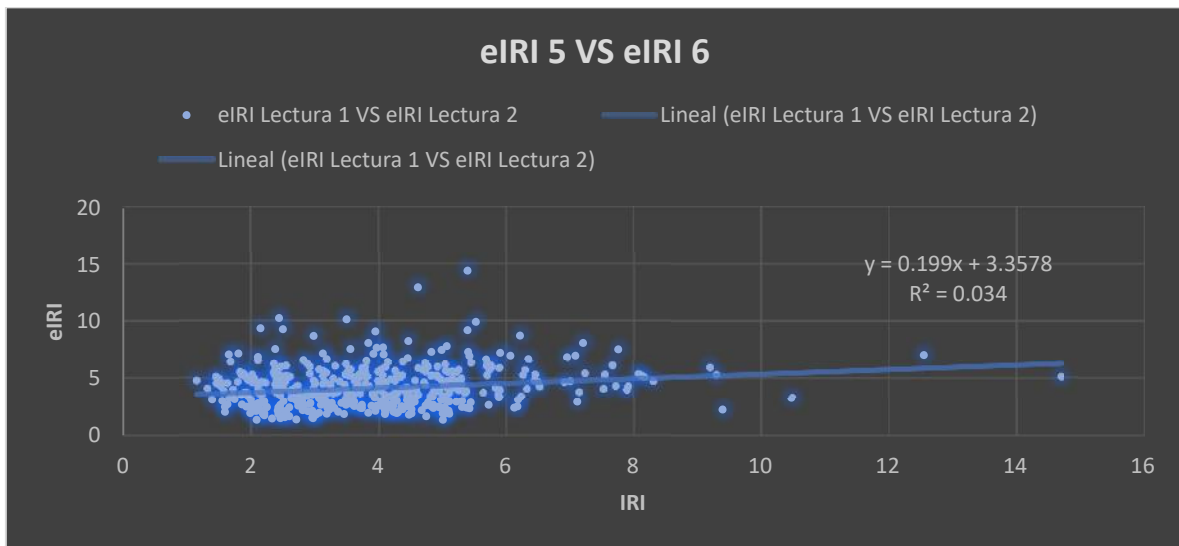
Grafica 139 Comparación de perfil longitudinal lectura 5 y 6 K38+108 al K43+120 de perfilómetro y Roadroid



Fuente: Propia

En la comparación de los perfiles longitudinales al contrario de las anteriores comparaciones se observa que existen diferencias significativas en cada caso, además se realizó la correlación de las lecturas 5 y 6, ver grafica 140.

Grafica 140 Correlación eIRI y IRI lectura 5 y 6 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Bogotá – La Vega – Villeta

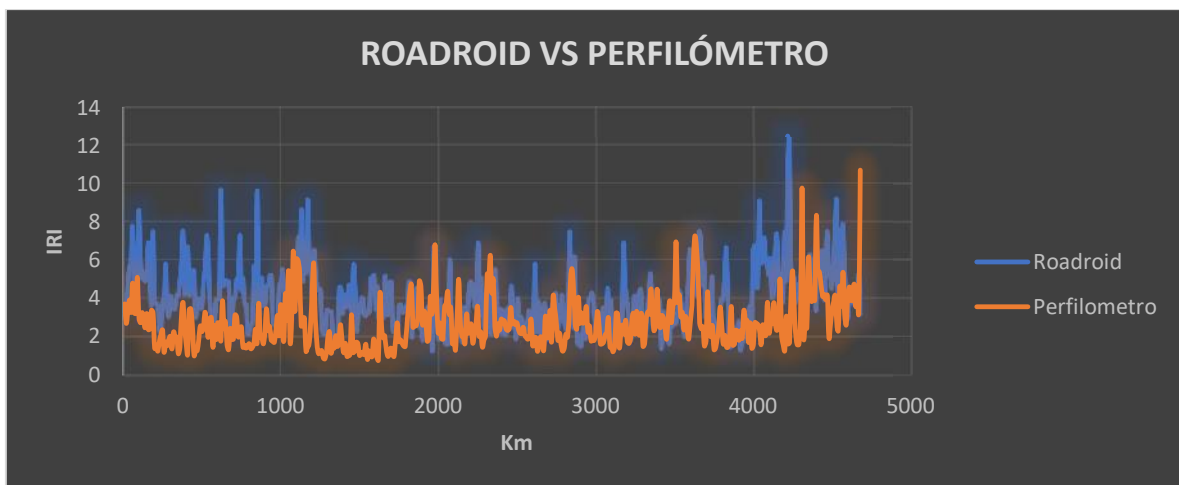


Fuente: Propia

De igual forma se puede evidenciar una correlación del eIRI y eIRI entre las lecturas 5 y 6 es moderada con un valor de 0,51

Adicionalmente se realizó la lectura 7 en el cual se realizó la comparación de los datos obtenidos por el perfilómetro laser y la aplicación, ver gráfica 141.

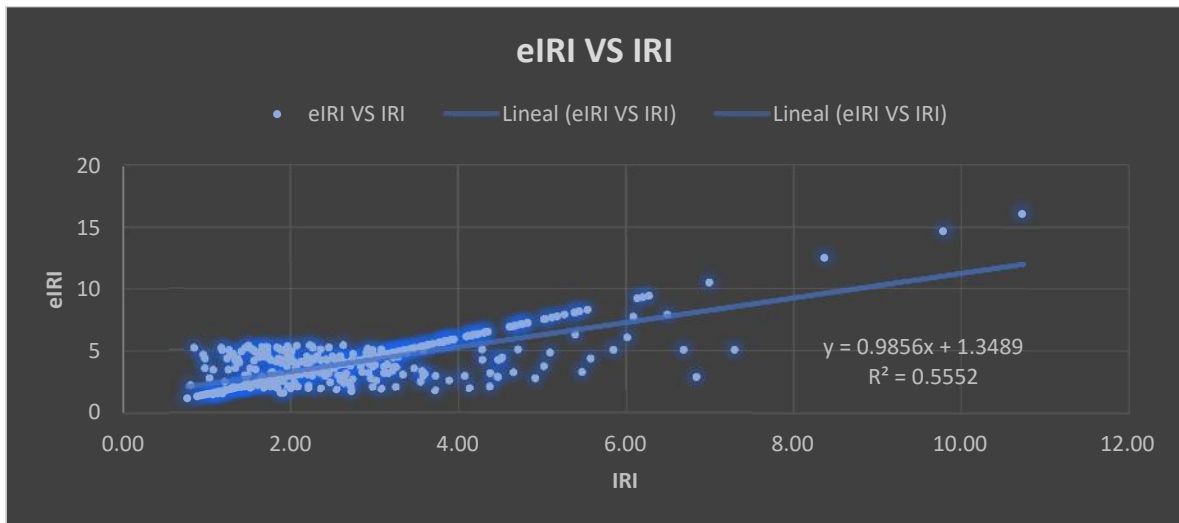
Grafica 141 Perfil longitudinal lectura 7 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá



Fuente: Propia

Es importante destacar que los presentes perfiles longitudinales muestran cruces a lo largo del recorrido entre los datos reportados entre la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser, además en la gráfica 142 se correlaciono las lecturas de eIRI y IRI.

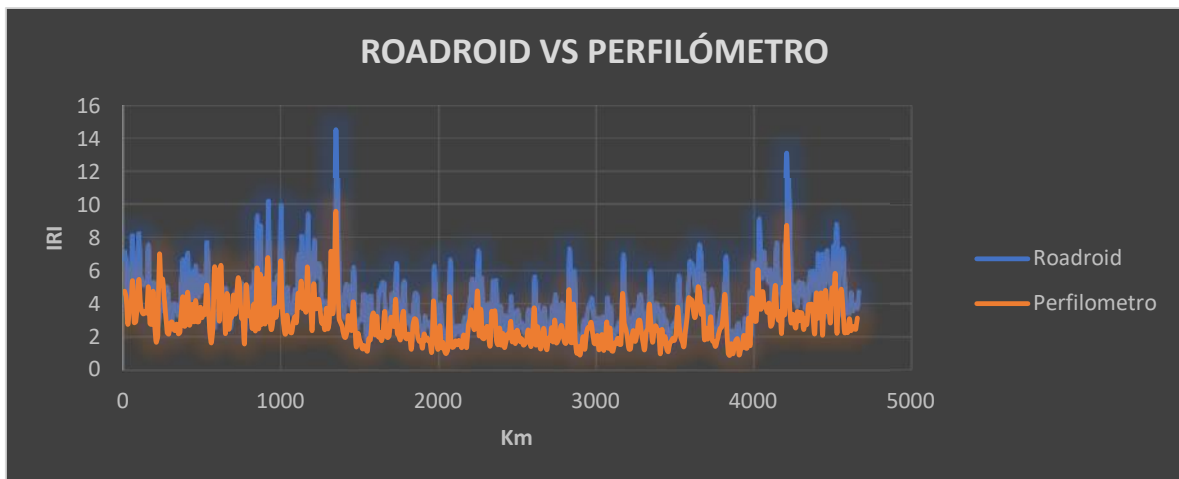
Grafica 142 Correlación eIRI y IRI lectura 7 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá -



Fuente: Propia

La correlación es de 0,75 es alta, aunque se observan puntos dispersos en la gráfica, también en la gráfica 143 se observa el perfil longitudinal del perfilómetro laser y de la aplicación lectura 8.

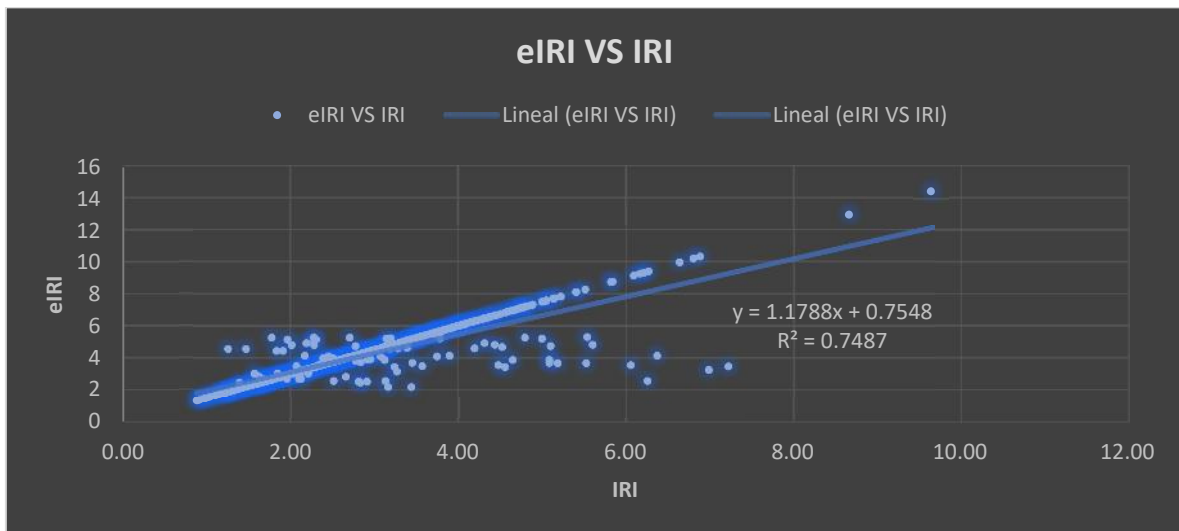
Grafica 143 Perfil longitudinal lectura 8 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá



Fuente: Propia

El perfil longitudinal representa una similitud y cruces a lo largo de su recorrido además se observan unos picos de IRI lo que implica que estos sectores tienen mal estado o pobre, además se realizó la correlación de la lectura 8, ver grafica 144.

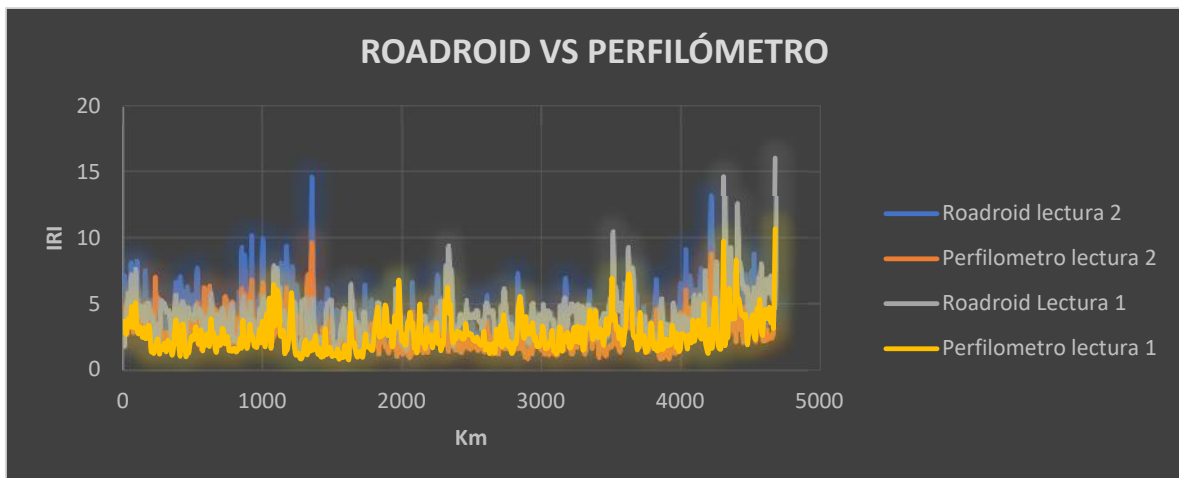
Grafica 144 Correlación eIRI y IRI lectura 8 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá



Fuente: Propia

La correlación es de 0,88 es muy alta con algunos puntos dispersos, por otro lado, se realizó la comparación de las lecturas 7 y 8 en primera instancia el perfil longitudinal con los datos obtenidos del perfilómetro laser y la aplicación, ver grafica 145.

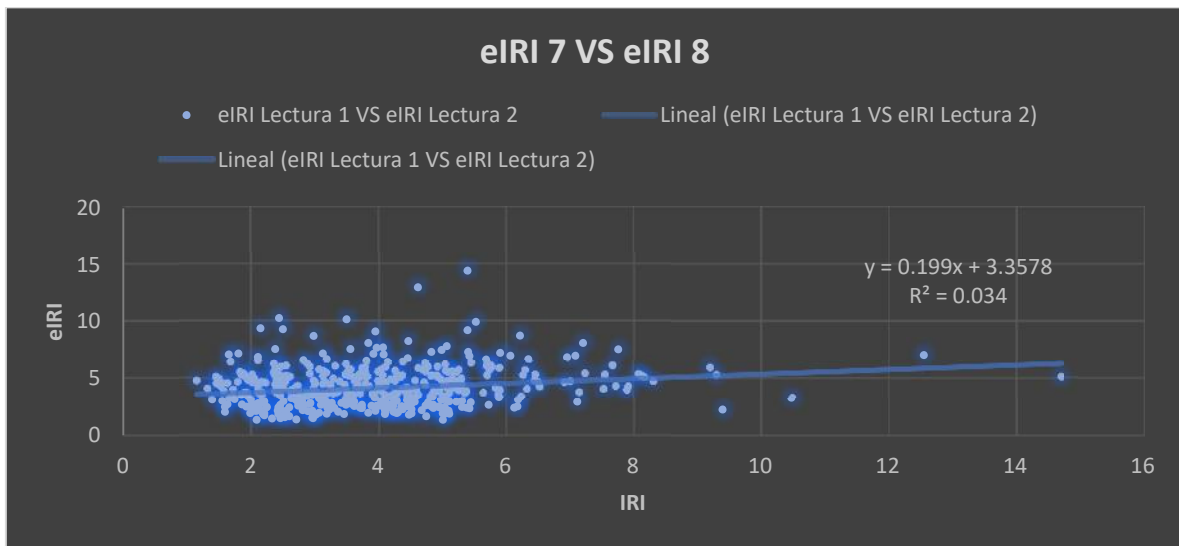
Grafica 145 Comparación de perfil longitudinal lectura 7 y 8 K38+108 al K43+120 de perfilómetro y Roadroid



Fuente: Propia

La comparación entre los perfiles longitudinales es necesario señalar que existe una similitud para cada caso, adicionalmente se realizó la correlación entre los dos eIRI de las lecturas 7 y 8, ver grafica 146.

Grafica 146 Correlación eIRI y eIRI lectura 7 y 8 K38+108 al K43+120 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá

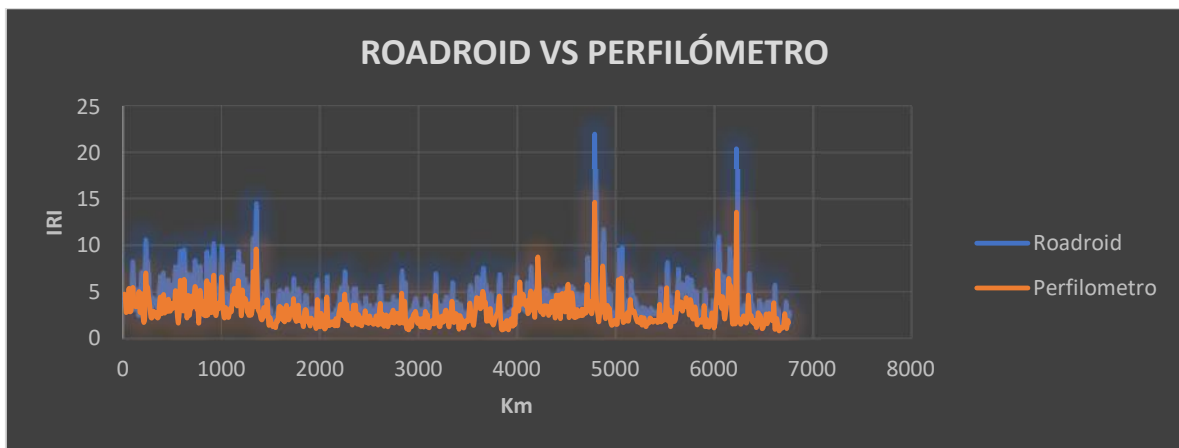


Fuente: Propia

La correlación es positiva es de 0,46 para las lecturas de e IRI lectura 7 y eIRI lectura 8

Además, se realizó en la gráfica 147 se visualiza el perfil longitudinal de las lecturas 9 de los datos obtenidos de la aplicación y el perfilómetro laser.

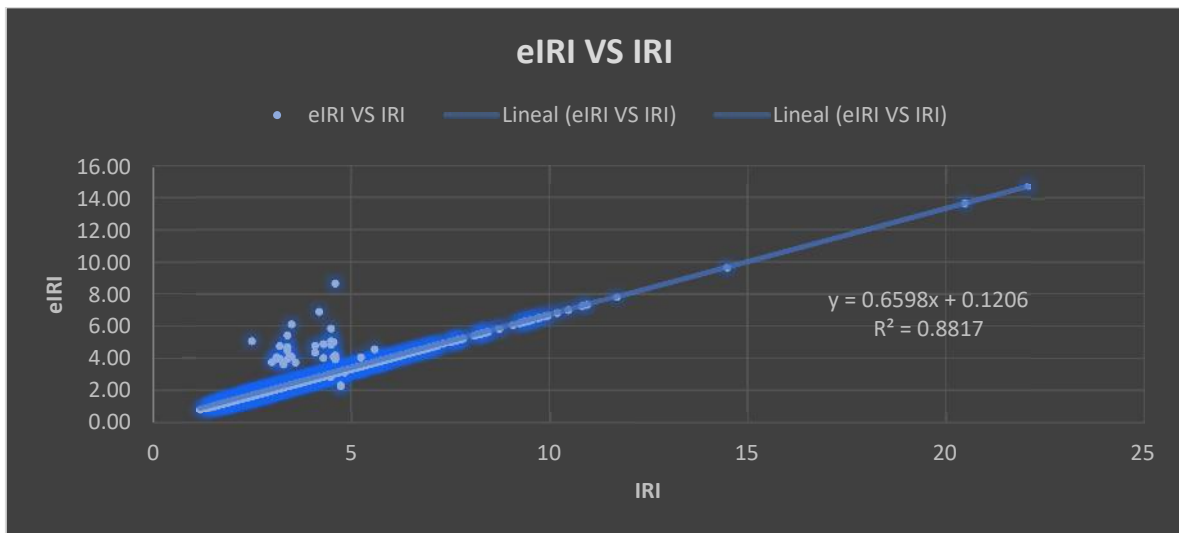
Grafica 147 Perfil longitudinal lectura 9 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá- La Vega – Villeta



Fuente: Propia

En el presente grafico se observa una similitud en los datos obtenidos por cada método, adicionalmente la correlación entre el eIRI y IRI de la gráfica 148.

Grafica 148 Correlación eIRI y IRI lectura 9 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta

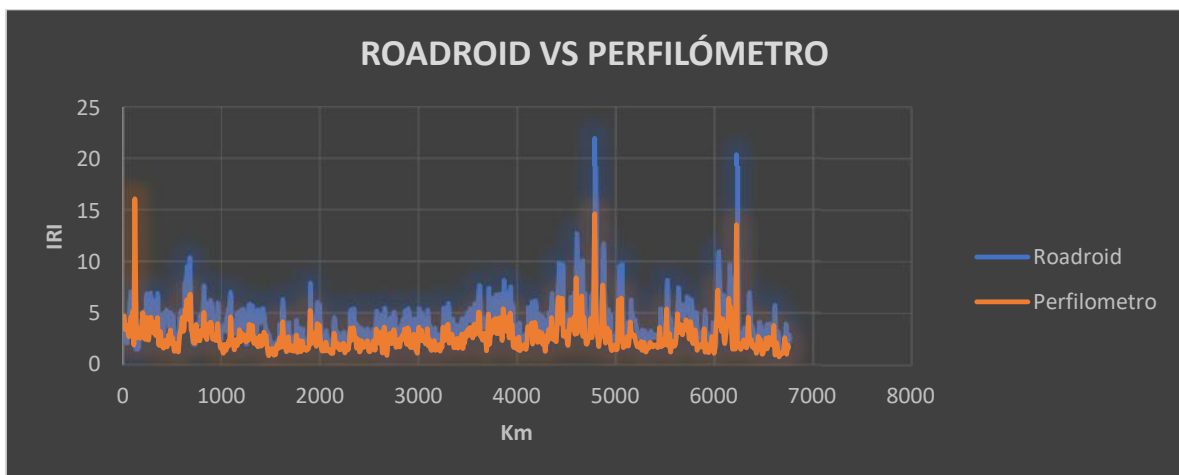


Fuente: Propia

La correlación es positiva y es de 0,89, se observan unos puntos dispersos

Además, en la gráfica 149 se observa el perfil longitudinal de la lectura 10.

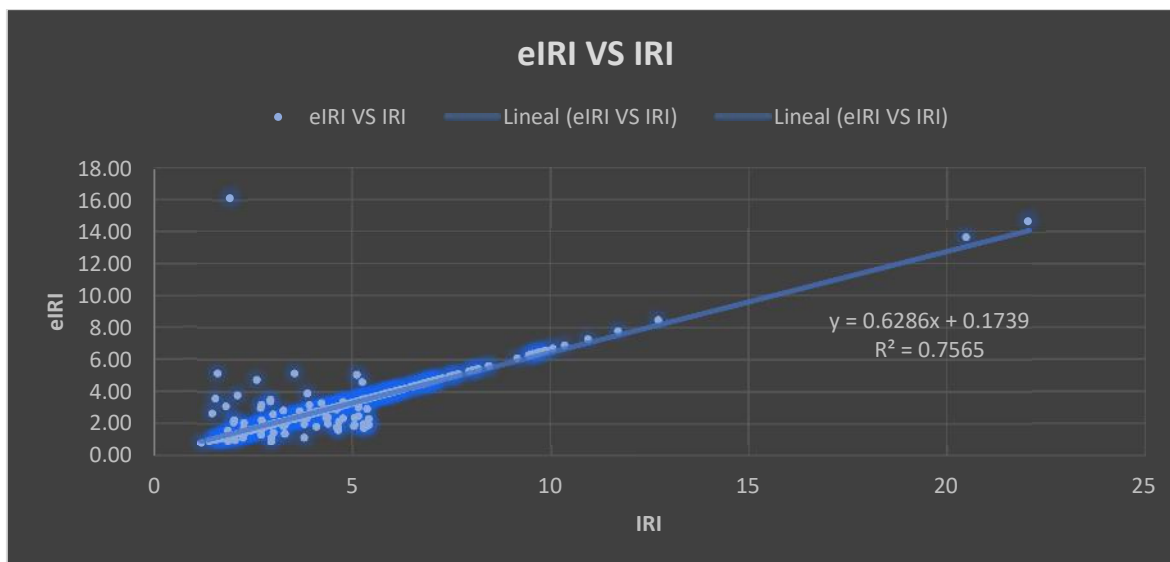
Grafica 149 Perfil longitudinal lectura 10 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

El perfil longitudinal de ambos métodos, sin embargo, se observa un mayo reporte de IRI con el método de la aplicación Roadroid, adicionalmente se realizó la correlación de los datos, ver grafica 150.

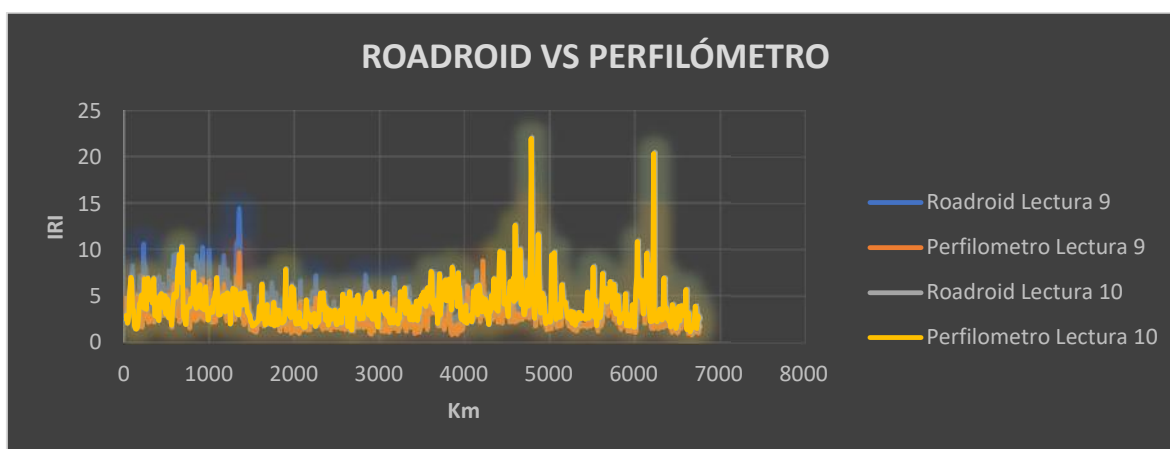
Grafica 150 Correlación eIRI y IRI lectura 10 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

La correlación es 0,87 es muy alta, se observa un punto más disperso en el inicio, también en la gráfica 151 la comparación del perfil longitudinal de las lecturas 9 y 10.

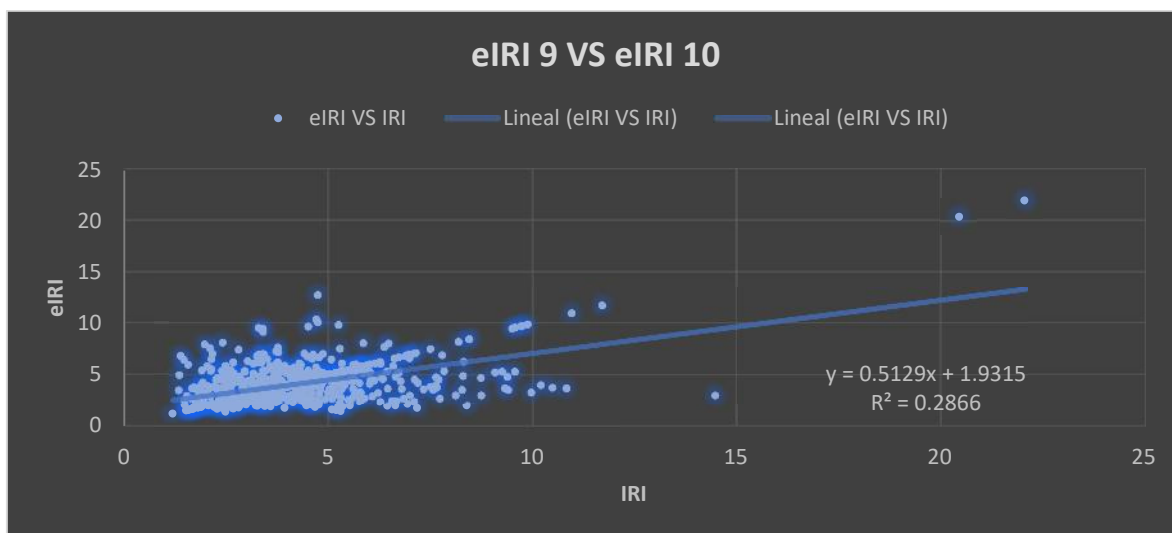
Grafica 151 Comparación de perfil longitudinal lectura 9 y 10 K62+550 al K56+600 de perfilómetro y Roadroid



Fuente: Propia

Se puede observar una similitud en los perfiles, no obstante, de algunos puntos que reportan un mal estado en la parte final, se puede producir por la desaceleración del vehículo, además en la gráfica 152 se correlaciona el eIRI de las lecturas 9 y 10.

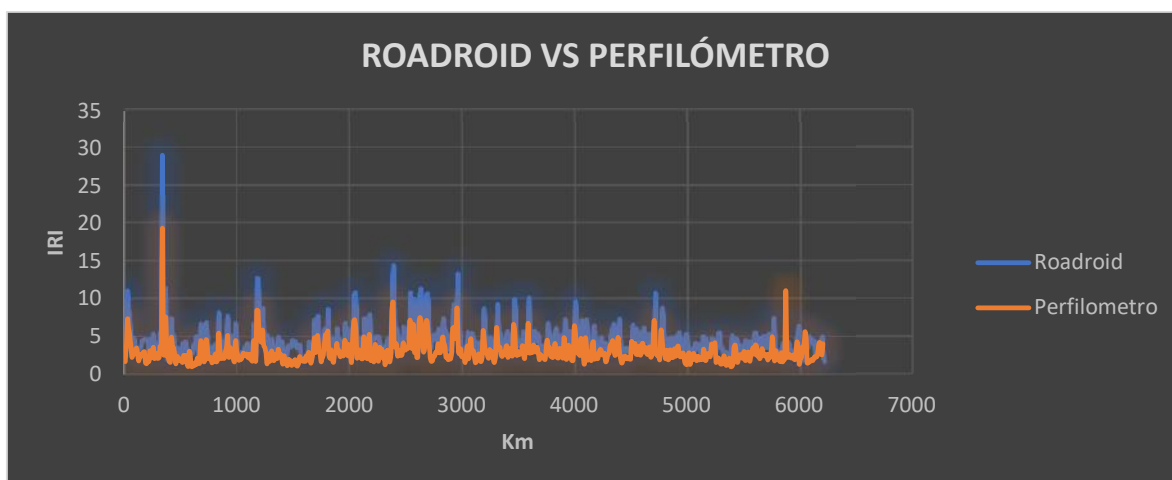
Grafica 152 Correlación eIRI y IRI lectura 9 y 10 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Bogotá - La Vega – Villeta



Fuente: Propia

Adicionalmente en la gráfica 153 vemos el perfil longitudinal de la lectura 11 obtenidos del perfilómetro y la aplicación.

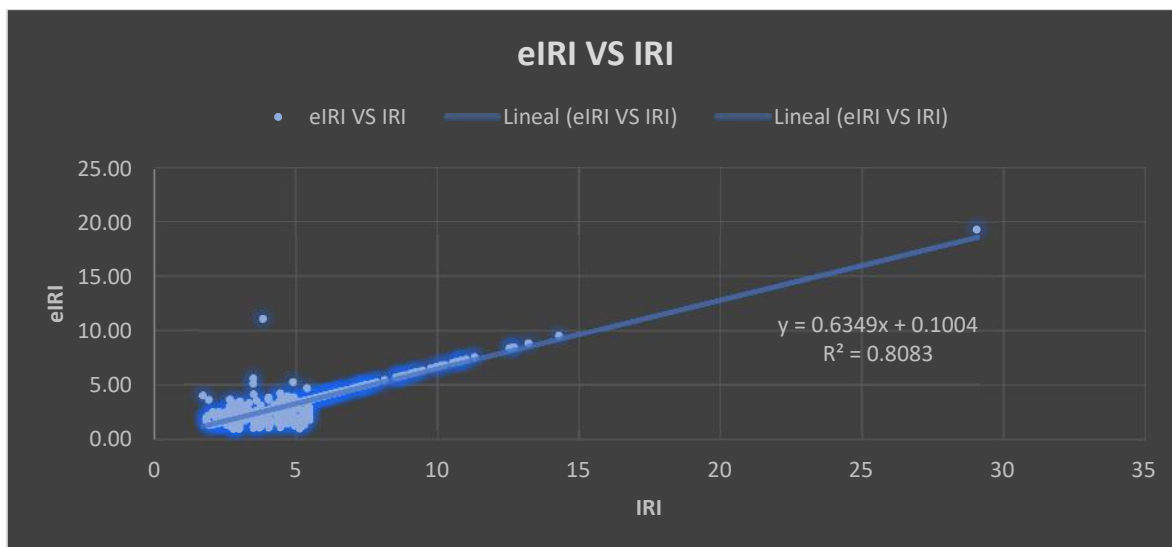
Grafica 153 Perfil longitudinal lectura 11 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá -



Fuente: Propia

El perfil longitudinal de ambos métodos, sin embargo, se observa un mayor reporte de IRI con el método de la aplicación Roadroid, adicionalmente se realizó la correlación de los datos, ver grafica 154.

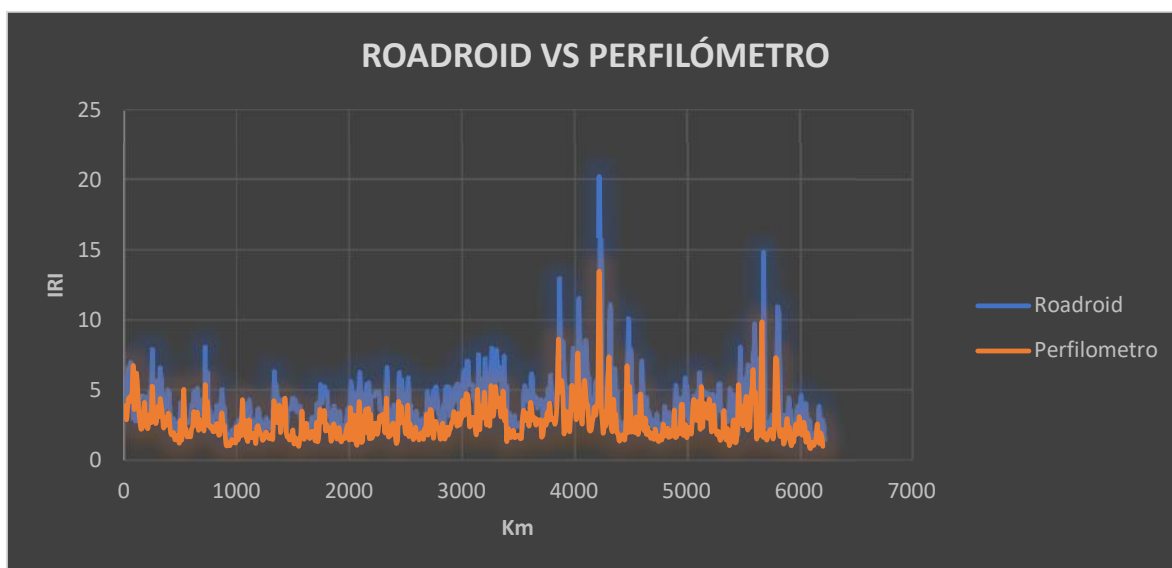
Grafica 154 Correlación eIRI y IRI lectura 11 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega - Bogotá



Fuente: Propia

Adicionalmente en la gráfica 155 vemos el perfil longitudinal de la lectura 11 obtenidos del perfilómetro y la aplicación.

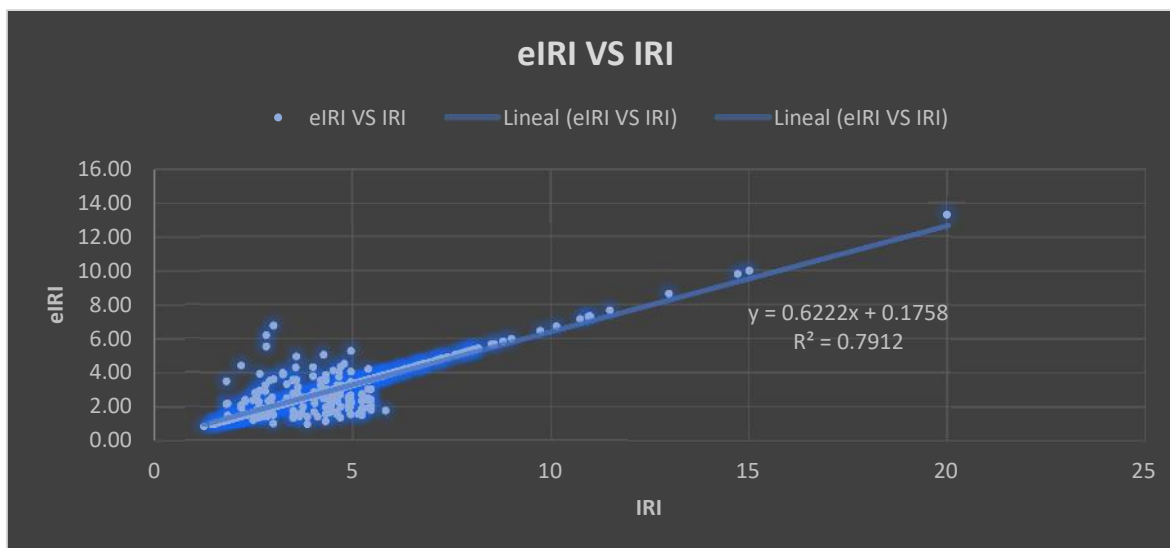
Grafica 155 Perfil longitudinal lectura 12 K62+550 al K56+600 el carril izquierdo – sentido Villeta - La Vega – Bogotá



Fuente: Propia

La grafica del perfil longitudinal indica una similitud en los sitios críticos y un mayor reporte de IRI en la aplicación Roadroid, adicionalmente se realizó la correlación de los datos, ver grafica 156.

Grafica 156 CORRELACIÓN EIRI Y IRI LECTURA 12 K62+550 AL K56+600 EL CARRIL IZQUIERDO – SENTIDO VILLET A - LA VEGA - BOGOTÁ



Fuente: Propia

La correlación es de 0,89 es muy alta y positiva al inicio de la lectura se presentan puntos dispersos, a continuación, en la tabla 15 se presentan unos promedios de las lecturas obtenidas en las 12 lecturas.

Tabla 15 RESUMEN DE LAS LECTURAS FINALES DE LA APLICACIÓN ROADROID Y PERFILÓMETRO LASER

LECTURA	eIRI (m/km)	IRI (m/km)	VELOCIDAD (km/h)	DISTANCIA m	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO		
1	3,53	1,93	67,46	8270	0,76
2	3,40	1,92	65,67	8270	0,85
3	3,50	1,92	62,47	8270	0,88
4	2,83	2,11	65,49	8270	0,73
5	4,05	2,66	62,41	4680	0,82
6	3,98	2,85	63,78	4670	0,75
7	3,99	2,68	57,96	4680	0,75
8	4,15	2,88	65,67	4660	0,87
9	4,09	2,82	67,06	6760	0,89
10	4,03	2,71	69,04	6760	0,87
11	4,46	2,93	66,79	6210	0,90

12	4,01	2,67	66,79	6210	0,89
----	------	------	-------	------	------

Fuente: Propia

El promedio de las lecturas de IRI con el perfilómetro laser es satisfactorio y del IRI no satisfactorio además es de 0,83 la distancia total de medición es de 77.710 m lo que demuestra que ambos métodos tienen una lectura continua.

Adicionalmente se hace énfasis en que la aplicación puede continuar con la toma de lecturas en condiciones de lluvia, en cambio el perfilómetro laser con una vía húmeda comienza a presentar medidas errores del IRI. En la tabla 16 se observa un resumen de las mediciones realizadas para calibrar y comparar las lecturas del perfilómetro laser y las de la aplicación.

Tabla 16 Resumen pruebas y lecturas de la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser

PRUEBAS PREVIAS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS						
LECTURA	eIRI (m/km) PROMEDIO	IRI (m/km) PROMEDIO	VELOCIDAD (km/h) PROMEDIO	DISTANCIA m	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	OBSERVACIONES
2	2,18	N/A	49,15	12875	N/A	Cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambo sentidos y solo el carril izquierdo en la ciudad de Bogotá, usó Soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo Largo y vehículo mediano Ford Ecosport, lecturas solo con la aplicación Roadroid
3,1	2,17	4,27	40,17	940	60%	Sobre la calle 80 entre la carrera 50 y la carrera 68 en la ciudad de Bogotá, Soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo Largo y vehículo Ford 150
3,2	2,19	4,28	40,17	950	60%	
3,3	2,06	4,88	37,58	1320	28%	
3,4	1,85	4,09	35,81	800	29%	
3,5	2,04	4,79	36,37	1520	58%	
3,6	2,19	4,09	36,70	800	16%	
3,7	1,96	4,63	38,12	1300	31%	
3,8	1,96	3,92	39,58	790	20%	
3,9	2,42	4,62	39,58	1330	36%	
3,10	1,92	3,91	35,46	810	36%	
3,11	2,23	4,69	37,23	1300	34%	
3,12	1,85	3,97	36,66	800	41%	
4	3,95	N/A	37,61	16050	N/A	Sobre la calle 80 entre la carrera 50 y la carrera 68 en la ciudad de Bogotá, soporte en espejo retrovisor y vehículo mediano Ford Ecosport,, lecturas solo con la aplicación Roadroid

PRUEBAS PREVIAS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

LECTURA	eIRI (m/km) PROMEDIO	IRI (m/km) PROMEDIO	VELOCIDAD (km/h) PROMEDIO	DISTANCIA m	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	OBSERVACIONES
5	4,97	N/A	49,39	11020	N/A	cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambo sentidos y solo el carril izquierdo en la ciudad de Bogotá lo único diferente es el soporte en espejo retrovisor y vehículo mediano Ford Ecosport, lecturas solo con la aplicación Roadroid
6	5,60	N/A	45,10	2780	N/A	calle 80 entre carrera 50 y Av. Boyacá sentido occidente a oriente, el soporte en espejo retrovisor y el vehículo Ford Ecosport, lecturas solo con la aplicación Roadroid
7	6,40	N/A	52,76	1440	N/A	calle 80 entre carrera 50 y 68 sentido oriente a occidente, el soporte en espejo retrovisor y el vehículo Ford Ecosport, lecturas solo con la aplicación Roadroid
8	3,93	N/A	53,48	790	N/A	entre la carrera 60 en ambos sentidos ente la transversal 59ª y la glorieta de la 63, soporte de parabrisas y vehículo mediano Ford 150
9	8,57	6,30	46,67	990	78%	
10	9,09	45,98	45,98	1060	73%	
11	8,87	6,36	45,50	990	74%	
13	11,24	6,82	47,28	1060	74%	
14	9,03	6,13	50,84	990	90%	
15	10,69	7,39	50,82	1060	77%	
16	8,72	5,83	44,97	990	90%	
17	10,59	7,69	51,08	1060	86%	
18	9,12	5,63	42,67	990	90%	
19	10,39	7,29	51,08	1060	76%	
20	8,82	5,23	46,65	980	75%	
Total				68845	m	

Fuente: Propia

Se aclara que la velocidad máxima permitida en la ciudad de Bogotá D.C. es de 50 km/h, además se realizó un total de 68845 m con la aplicación Roadroid. Además, se realizó 23350 m con el perfilómetro laser, para posteriormente comparar las lecturas, en la tabla 17 se observa un resumen de las lecturas realizadas en la VÍA BOGOTÁ – LA VEGA -VILLETA.

Tabla 17 Prueba final comparación de medición entre la aplicación Roadroid y el perfilómetro laser

LECTURA FINAL VÍA BOGOTÁ – LA VEGA -VILLETA

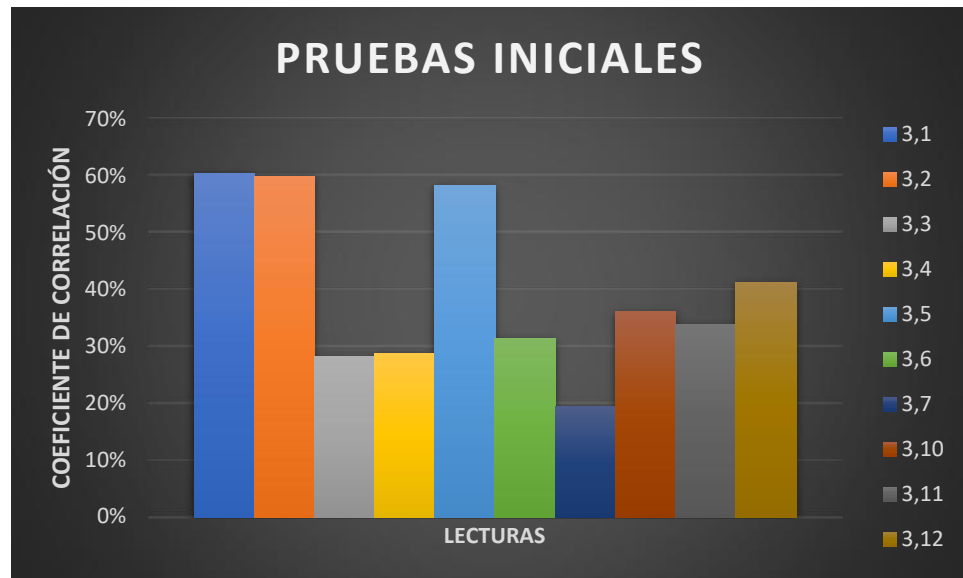
LECTURA	eIRI (m/km) PROMEDIO	IRI (m/km) PROMEDIO	VELOCIDAD (km/h) PROMEDIO	DISTANCIA m	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	OBSERVACIONES
1	3,53	1,93	67,46	8270	76%	vía Bogotá – la Vega – Villeta entre los K16+300 al K24+700, soporte de parabrisas y vehículo mediano Ford 150
2	3,40	1,92	65,67	8270	85%	
3	3,50	1,92	62,47	8270	88%	
4	2,83	2,11	65,49	8270	73%	
5	4,05	2,66	62,41	4680	82%	La vía Bogotá – la Vega entre los K38+108 al K43+120, soporte de parabrisas y vehículo mediano Ford 150
6	3,98	2,85	63,78	4670	75%	
7	3,99	2,68	57,96	4680	75%	
8	4,15	2,88	65,67	4660	87%	
9	4,09	2,82	67,06	6760	89%	la vía la Vega – la Villeta entre los K62+550 al K56+600, soporte de parabrisas y vehículo mediano Ford 150
10	4,03	2,71	69,04	6760	87%	
11	4,46	2,93	66,79	6210	90%	
12	4,01	2,67	66,79	6210	89%	
Total				77710 m		

Fuente: Propia

Se realizó un total de 77710 m de medición con la aplicación y el perfilómetro laser, se aclara que la velocidad máxima permitida en algunos sectores es de (0 km/h y en algunos sectores es inferior

A continuación, se analiza la correlación de los diferentes estados de la investigación, en la grafica 157 se puede evidenciar las primeras lecturas

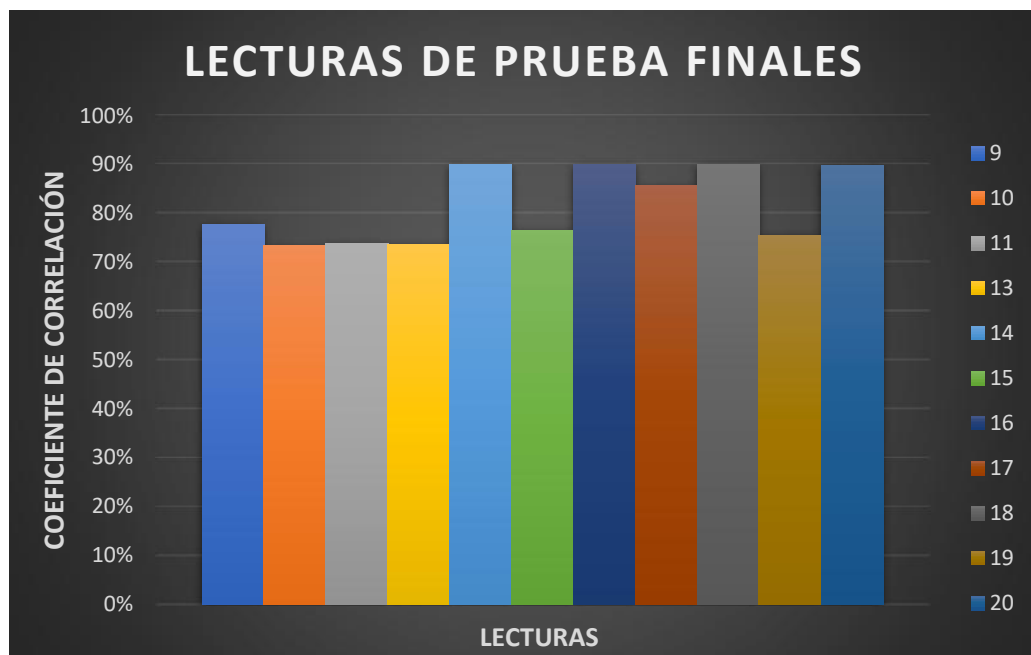
Grafica 157 correlación lecturas de calibración usó soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo largo



Fuente: Propia

Se puede observar unos rangos de correlación variado, además bajas lo que indica que las lecturas no son similares, adicionalmente se analiza la correlación de las pruebas del ajuste final de la calibración del equipo, ver grafica 158.

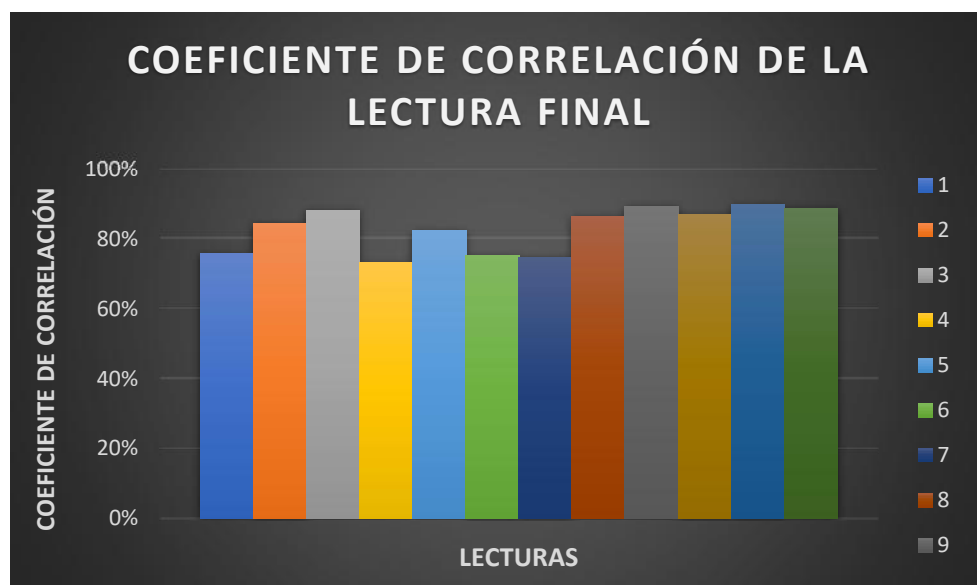
Grafica 158 Correlación de segundas pruebas con soporte de parabrisas



Fuente: Propia

Se observa una menor variación entre la correlación, además son muy altas o altas lo que indica que las lecturas son más precisas, grafica 159 se relaciona la correlación de los datos obtenidos entre la aplicación y el equipo perfilómetro laser.

Grafica 159 correlación de la medición final



Fuente: Propia

Se observa la misma tendencia a una mayor velocidad, las correlaciones son altas y muy altas.

7.6. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN Y ECUACIÓN DE AJUSTE

El siguiente paso fue hallar el coeficiente de determinación, pendiente y la ordenada para realizar el ajuste de los datos de eIRI y realizar ajuste a IRI determinado convencionalmente como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 188 Determinación de la ecuación de corrección de eIRI vía Bogotá – la Vega -Villeta

DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE CORRECCIÓN DE EIRI VÍA BOGOTÁ – LA VEGA - VILLETa							
LECTURA	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN R ²	m	y	eIRI (m/km) PROMEDIO	RECALCULADO eIRI (m/km) * PROMEDIO	IRI (m/km) PROMEDIO	OBSERVACIONES
1	0.577	0.71005392	-	3.53	1.93	1.93	vía Bogotá – la Vega – Villeta
2	0.714	0.74769928	-	3.40	1.92	1.92	entre los K16+300 al K24+700,
3	0.7813	0.84911754	-	3.50	1.92	1.92	soporte de parabrisas y vehículo mediano Ford 150
4	0.5381	0.54855366	0.55649027	2.83	2.11	2.11	
5	0.6804	0.61755031	0.16488821	4.05	2.66	2.66	La vía Bogotá – la Vega entre los
6	0.5665	0.58905673	0.50712447	3.98	2.85	2.85	K38+108 al K43+120 , soporte
7	0.5552	0.56331847	0.43054927	3.99	2.68	2.68	de parabrisas y vehículo mediano Ford 150
8	0.7487	0.63516496	0.24338525	4.15	2.88	2.88	
9	0.8817	0.6597878	0.12062574	4.09	2.82	2.82	la vía la Vega – la Villeta entre los
10	0.7665	0.62864918	0.17393935	4.03	2.71	2.71	K62+550 al K56+600, ,
11	0.8083	0.63486238	0.10037482	4.46	2.93	2.93	soporte de parabrisas y vehículo mediano Ford 150
12	0.7911	0.62210821	0.1793774	4.01	2.68	2.68	

8. CONCLUSIONES

En este estudio se realizó un análisis de confiabilidad de los datos obtenidos por la aplicación Roadroid y en la cual se puede evidenciar como una solución de bajo costos para la medición del IRI en las carreteras colombianas.

No obstante, la comparación de las dos mediciones presente un inconveniente puesto que el perfilómetro láser mide todo el ancho de la carretera y Roadroid solo las huellas de neumáticos/ruedas. En consecuencia, puede tener un gran impacto en los datos registrados de la aplicación Roadroid por causas naturales.

1. En otras palabras y teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la precisión de la aplicación Roadroid nunca puede igualar un perfilómetro láser.
2. Se determinó que la recopilación de datos es mucho más fácil con la aplicación Roadroid que con el perfilómetro laser debido al bajo número de equipos requeridos
3. La aplicación tiene una serie de variables como es el soporte y la calibración del equipo además de elementos propios del vehículo, no obstante, se puede evidenciar que cuando se subsana estos inconvenientes se presentan datos con un coeficiente de correlaciones entre muy alta y alta respecto a las lecturas obtenidas por el perfilómetro laser.

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación tiene un gran campo para considerarlo un equipo de medición del IRI en nuestro país, con el objeto de tener un mapa de los diferentes estados de las carreteras primarias, secundarias y terciarias con el objeto de ser más eficientes en la utilización de los recursos públicos y privados en el mejoramiento y mantenimientos de las mismas.

Finalmente, como se resaltó en el estudio el mas estado del IRI este sujeto a mejorar diferentes problemas tanto ambientales, sociales y de accidentalidad, por otro lado en cuanto al ajuste del eIRI por medio de la ecuación si bien se debe seguir realizando mediciones para encontrar un ajuste más cercano se observa una tendencia positiva a los resultado obtenidos por la aplicacion.

9. IMPACTO SOCIAL

Desde el punto de vista técnico la medición con Smartphone es accesible para los usuarios y diversos actores involucrados en el mantenimiento y la conservación de pavimentos para carreteras, en pocas palabras generaría un énfasis de competencia y satisfacción, ya que en nuestro día el usuario paga peajes, pero siente una inconformidad al no poder medir la calidad por lo que está pagando.

También como se observó existen estudios que correlacionan malas lecturas del IRI con una alta accidentalidad, según la organización mundial de la salud alrededor de 1.35 millones de personas en las carreteras del mundo entero, mueren cada como consecuencia de accidente de tránsito según el organismo mundial de la salud.

Además, la aplicación permitirá establecer con mayor frecuencia, a pesar de tener una menor precisión, el estado de la vía y la evolución de su deterioro en términos de regularidad superficial, haciendo posible programar oportunamente, intervenciones tendientes a conservar un adecuado estado superficial del pavimento para la operación vehicular en condiciones óptimas de comodidad y seguridad.

También los altos costos para los diferentes vehículos que presenta malas lecturas del IRI, pretende hacer más amigable y cumplir con estándares internacionales.

10.IMPACTO AMBIENTALES

Los impactos ambientales son bastante ya que como se puede observar se reduce el número de equipos requeridos para la medición, además con un buen manejo se podría derogar a los usuarios para obtener mediciones y eficiencia en a la hora de programar un debido mantenimiento ya que una de las obligaciones de las diversas empresas que asumen la concesión por un determinado periodo es mejorar los niveles de servicio de la vía a. De esta manera, el estado asegura los costos de operación vehicular Dynatest Explorer

DDC RSPwin License disminuyan y el IMDA aumente. Esto implica un mayor desarrollo económico y social, ya que está ligado estrechamente al mejoramiento de Los sistemas de transporte. (Ramírez, 2017)., en otras palabras, se reduciría la huella de carbono.

Tabla 19 Comparación de precios adquisición de equipo perfilómetro y suscripción de la aplicación Roadroid y adquisición de equipos

COMPARACIÓN ENTRE COMPRA DEL PERFILÓMETRO LASER Y SUSCRIPCIÓN A LA APLICACIÓN ROADROID

N°	OPCIONES	UNIDA D	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Compra de equipo incluye portátil, Vehículo, aplicación para la recolección de datos, GPS, instalación de equipos y capacitación	Un	1	\$ 595.371.544	\$ 595.371.544
2	Suscripción a la aplicación Roadroid por 3 meses, además, para tres celulares, Incluye celular y soporte	Un	1	\$ 3.308.675	\$ 3.308.675

Fuente: Propia

Los precios anteriormente mencionados se encuentran relacionados en el anexo 7 Presupuestos, es importante destacar que el valor es inferior.

Tabla 20 Comparación de precios al alquilar un equipo perfilómetro laser y la suscripción a la aplicación Roadroid

COMPARACIÓN ENTRE COMPRA DEL PERFILÓMETRO LASER Y SUSCRIPCIÓN A LA APLICACIÓN ROADROID
--

N°	OPCIONES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Medición de IRI con alquilar un equipo perfilómetro laser	Km	1	\$ 76.008	\$ 76.008
2	Suscripción a la aplicación Roadroid por 1 día, además, para tres celulares, Incluye celular y soporte	Un	1	\$ 36.763	\$ 36.763

11.RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Como se ha mostrado se recomienda el uso de base fija al parabrisas para que no se presenten datos tan alejados del estado real de la vía, adicionalmente se recomienda comparar con otros métodos de lecturas de IRI para comparar la eficiencia de la aplicación.

Además, se recomienda comprobar la medición de IRI en vías escarpadas o en Tierra para determinar la confiabilidad de la aplicación en cualquier tipo de carretera

Adicionalmente es oportuno que se siga investigando una fórmula de corrección de los datos obtenidos por la aplicación Roadroid y los diferentes métodos, en consecuencia, para realizar dicho proceso se debe contar con una pista en donde se conozca el valor de IRI por dos métodos diferentes y adicionalmente no cuente con tráfico y permita una velocidad continua.

Por otro lado, la guía de la aplicación indica que tiene una opción de inventarios de los elementos de la vía sería bastante interesante explorar la capacidad de datos que se pueden recolectar con la aplicación

*Anexo 1 CUADROS DE LECTURAS DE LA VÍA BOGOTÁ LA VEGA
VILLETA*

*Anexo 2 Cuadros De Lecturas De Iri De La Vía Bogotá La Vega Villeta
Con Perfilómetro Laser Y Aplicación Roadroid*

Anexo 3 Cotización Medición de indicadores en RETORNOS VIA BOGOTÁ-VILLETA - retorno Bogotá al Rosal - retorno Bogotá la Vega - retorno a la Vega a Villeta

Anexo 4 Propuesta Técnica Y Económica Equipo RSP III Premium, Compra De Equipo Perfilómetro Laser

Anexo 5 Cotización De La Suscripción De La Aplicación Roadroid

Anexo 6 Cuadro resumen de las diferentes cotizaciones para lecturas de IRI

12. BIBLIOGRAFÍA

Alberto, J., Lizarazo, G., Augusto, C., Urán, S., Darío, M., & Serna, A. (n.d.). *MODELO DE EVALUACIÓN DINÁMICA DE LA CALIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE CORREDORES*

*LOGÍSTICOS EN COLOMBIA DYNAMIC MODEL FOR QUALITY ASSESSMENT OF LOGISTICS
CORRIDOR ROAD INFRASTRUCTURE IN COLOMBIA.*
<https://doi.org/10.14508/reia.2016.13.25.135-145>

- Anahí, Y., Nieto, J., Parada, A. R., Raymundo, J., & Cano, G. (2016). Modelo de simulación dinámico: la Infraestructura y el desarrollo regional Dynamic simulation model: Infrastructure and regional development Modelo de simulação dinâmica: Infra-estrutura e desenvolvimento regional. In *Demurger*. Porter.
- Anderson Jhussety Lloclla Huaychao Bach Kevin Kenyo Sánchez Hurtado, B. (n.d.). *UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL TESIS*.
- Anthony Alberto Goicochea Salvador. (2019). *APLICACIÓN DEL SISTEMA ROADROID UTILIZANDO SMARTPHONE EN EL DIAGNÓSTICO DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO DE LA AV. E. MEIGGS*.
- Arriaga, M. C., Paul, P., Anguas, G., & Rico Rodríguez, A. (1998). *Publicación Técnica No.108 Sanfandila, Qro.*
- Badilla Vargas, G. (2011). ASPECTOS Y CONSIDERACIONES IMPORTANTES EN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI). *Revista Ingeniería*, 20(1–2).
<https://doi.org/10.15517/ring.v20i1-2.7271>
- Basir Habibi, & Lars Forslof Arbetet. (2016a). *PAGINA WEB DE FACEBOOK PARA UNIRSE AL GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN ROADROID* .
- Basir Habibi, & Lars Forslof Arbetet. (2016b). *PAGINA WEB DE FACEBOOK PARA UNIRSE AL GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN ROADROID* .
- Caicedo, B., Murillo, C. A., & Trisancho, J. A. (2003a). Medida perfil longitudinal de un pavimento mediante navegación inercial. *Revista de Ingeniería*, 17, 19–26.
<https://doi.org/10.16924/revinge.17.3>
- Caicedo, B., Murillo, C. A., & Trisancho, J. A. (2003b). Medida perfil longitudinal de un pavimento mediante navegación inercial. *Revista de Ingeniería*, 17, 19–26.
<https://doi.org/10.16924/revinge.17.3>
- Carlos Ignacio Almendra Cueto. (2015). *LA APLICACIÓN DE TELÉFONOS INTELIGENTES PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DE PAVIMENTOS URBANOS EN LIMA*.
- Cavalcante De Almeida, L., Lacerda De Oliveira, F. H., Ramos, S. P., & Soares, J. B. (n.d.). *Estudo da condição de superrcie em rodovias por meio do uso de aplica!vo para smartphone*.
<https://doi.org/10.14295/transportes.v25i2.1406>
- Chan, C. Y., Huang, B., Yan, X., & Richards, S. (2010a). Investigating effects of asphalt pavement conditions on traffic accidents in Tennessee based on the pavement management system (PMS). *Journal of Advanced Transportation*, 44(3), 150–161. <https://doi.org/10.1002/atr.129>

Chan, C. Y., Huang, B., Yan, X., & Richards, S. (2010b). Investigating effects of asphalt pavement conditions on traffic accidents in Tennessee based on the pavement management system (PMS). *Journal of Advanced Transportation*, 44(3), 150–161. <https://doi.org/10.1002/atr.129>

Copyright © 1999-2022 MercadoLibre Colombia LTDA. (2022). *Mercado Libre*.

Copyright (c) Roadroid. (2013a). *PAGINA WEB APLICACIÓN ROADROID*.

Copyright (c) Roadroid. (2013b). *PAGINA WEB APLICACIÓN ROADROID*.

del Sistema Roadroid Utilizando Smartphone, A., & Emanuel Latorre Gamboa, F. (n.d.). *FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL AUTOR*.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR. (n.d.-a).

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR. (n.d.-b).

Dr. Theuns.F.P Henning. (2014). *Roadroid Referencia de proyectos*. Junio.

Emilio Ontiveros, de, Vizcaíno Verónica López Sabater, D., & Beatriz Sznaider, P. (n.d.). *Las ciudades del futuro: inteligentes, digitales y sostenibles*.

Evaluación, ", Análisis, Y., La, D. E., En, R., De, P., Ciudad, L. A., Puno, D. E., El, A., Roadroid, M., El, Y., de Merlín, R., Camacho Pampamallco, B., Yoshira, S., Optar, P., Título, E. L., & De, P. (2018). *UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL TESIS PRESENTADA POR*.

Forslof, L. (2012). *Roadroid - Smartphone Road Quality Monitoring*.

Forslof, L. (2014). *AUTOMATED COLLECTION OF ROAD CONDITION DATA WITH SMARTPHONES*. <https://www.linkedin.com/pulse/20141130211746-97325448-roughness-and-texture>

Galagoda, D. Y., & Amarasingha, N. (2019). Smartphone Applications for Pavement Roughness Computation of Sri Lankan Roadways. In *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* (Vol. 13).

Geanpierre, B. K., Castillo, M., Gabriel, I., & Cerna, C. (2020). *FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera de Ingeniería Civil*.

Gg, A. E. J. M. (n.d.). *Historia de la forma urbana Desde sus orígenes hasta la revolución industrial*. www.ggili.com-www.ggili.com.mx

GHINA ROHMITA. (2021). *TUGAS AKHIR PENILAIAN KONDISI JALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE PCI DAN APLIKASI ROADROID PADA RUAS JALAN PALAGAN KM. 12 – KM. 15 DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA*.

González, O., & Daniel González, O. (2015). 16-4618: *Quantification of the Impact of Roadway Condition on Gas Emissions*.

- Google. (s.f.). (2022). *Google Earth*.
- Ing. Marcelo Dalimier, & Dr. Ing. Roberto Torrent. (1999). *AVANCES EN LA RUGOSIDAD (IRI) DE PAVIMENTO DE HORMIGON CONSTRUIDOS CON PAVIMENTADORAS DE MOLDE DESLIZANTE*.
- Jesús García García. (n.d.). *Partes de un teléfono móvil*.
- Johnston, M. (n.d.). *USING CELL-PHONES TO MONITOR ROAD ROUGHNESS*.
- Jorge Montoya-Goicochea. (2013). *ANÁLISIS DEL IRI PARA UN PROYECTO DE CARRETERA SINUOSA CONCESIONADA EN EL PERÚ*.
- JOSÉ AUGUSTO CORAL GONZÁLEZ, & FERNANDO JESÚS LEON ACOSTA. (2020). *FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL*.
- Julio César López Huaynate. (2019). *Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú*.
- Lars Forslöf, & Hans Jones. (2015a). Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9(4). <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.04.012>
- Lars Forslöf, & Hans Jones. (2015b). Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9(4). <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.04.012>
- Macea-Mercado, L. F., Morales, L., & Márquez-Díaz, L. G. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17(2), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.007>
- Marcoantonio Alamo-Viera. (2016a). *MODELACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN SEMIACTIVA CON AMORTIGUADOR MAGNETORREOLÓGICO Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional Repositorio institucional PIRHUA-Universidad de Piura*.
- Marcoantonio Alamo-Viera. (2016b). *MODELACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN SEMIACTIVA CON AMORTIGUADOR MAGNETORREOLÓGICO Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional Repositorio institucional PIRHUA-Universidad de Piura*.
- Metin Mutlu Aydin, Mehmet Sinan, I. L. Dirim, & Lars Forslof. (2017). *El uso de teléfonos inteligentes para estimar la rugosidad de la carretera: un estudio de caso en pavo*. www.onlinedoctranslator.com
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (n.d.).
- Omar Hernán Alberto Delgado, & José Mauricio Lemus Porras. (n.d.-a). *CARACTERIZACIÓN DE LA TEXTURA DE SECTORES REPRESENTATIVOS DE CORREDORES VIALES EN PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE*.

- Omar Hernán Alberto Delgado, & José Mauricio Lemus Porras. (n.d.-b). *CARACTERIZACIÓN DE LA TEXTURA DE SECTORES REPRESENTATIVOS DE CORREDORES VIALES EN PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE*.
- Osorio Baquero, I. (2014). Breve reseña histórica de las vías en Colombia. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 183–187. <https://doi.org/10.16925/in.v10i17.880>
- Pía, M., & Raygada, M. (n.d.). *Procedimiento para determinar el Índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura*.
- Pradena Miquel, C. (2006). *Revista de la Construcción*. 5(2), 16–22.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127619380002>
- Revista EIA*. (n.d.). <https://doi.org/10.14508/reia.2016.13.25.135-145>
- Sánchez, I. (n.d.-a). *El IRI: un indicador de la regularidad superficial*.
- Sánchez, I. (n.d.-b). *El IRI: un indicador de la regularidad superficial*.
- Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. (1996). *INTERPRETATION OF ROAD ROUGHNESS PROFILE DATA FINAL REPORT Prepared for Federal Highway Administration Contract DTFH 61-92-C00143*.
- Schlotjes1, S., Vista, U., & Bennett1, C. (2014). EVALUACIÓN DE UN MEDIDOR DE RUGOSIDAD PARA SMARTPHONE. In *Traducido del inglés al español*. www.onlinedoctranslator.com
- Volver-al-centro-La-recuperación-de-áreas-urbanas-centrales*. (n.d.).
- Zang, K., Shen, J., Huang, H., Wan, M., & Shi, J. (2018). Assessing and mapping of road surface roughness based on GPS and accelerometer sensors on bicycle-mounted smartphones. *Sensors (Switzerland)*, 18(3). <https://doi.org/10.3390/s18030914>