



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**INCIDENCIA DEL ESTADO DE LA VÍA EN EL COSTO DE
MANTENIMIENTO DE LOS BUSES URBANOS DEL CANTÓN TENA**

**Trabajo de Titulación para optar al título de
Ingeniero Civil**

Autores:

Vaca Granja Cristyan Bryan

Guaman Morocho Miguel Antonio

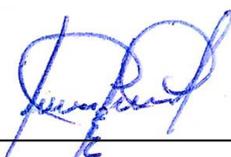
Tutor:

Mgc. Ing. Saldaña Garcia Carlos Sebastián

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Miguel Antonio Guaman Morocho, con cédula de ciudadanía 195008149-5, Cristyan Bryan Vaca Granja, con cédula de ciudadanía 150075912-9, autores del trabajo de investigación titulado: **“INCIDENCIA DEL ESTADO DE LA VÍA EN EL COSTO DE MANTENIMIENTO DE LOS BUSES URBANOS DEL CANTÓN TENA”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad. Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones. En Riobamba, a la fecha de su presentación.



Miguel Antonio Guaman Morocho
C.I: 195008149-5



Cristyan Bryan Vaca Granja
C.I: 150075912-9

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“Incidencia del estado de la vía en el costo de mantenimiento de los buses urbanos del cantón Tena”**, presentado por **Miguel Antonio Guaman Morocho**, con cédula de identidad número **195008149-5** y **Cristyan Bryan Vaca Granja** con la cédula de identidad número **150075912-9**, certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 17 de octubre del 2023.

Mgs. Marco Javier Palacios Carvajal
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Víctor Renee Velásquez Benavides
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Ángel Edmundo Paredes García
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Carlos Sebastián Saldaña García
TUTOR



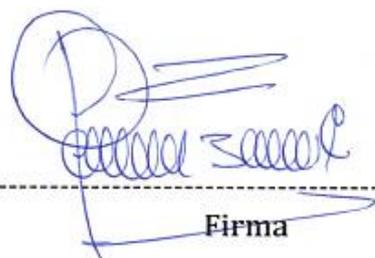
Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“Incidencia del estado de la vía en el costo de mantenimiento de los buses urbanos del cantón Tena”**, presentado por **Miguel Antonio Guaman Morocho**, con cédula de identidad número **195008149-5** y **Cristyan Bryan Vaca Granja** con la cédula de identidad número **150075912-9**, bajo la tutoría del Ing. Carlos Sebastian Saldaña García Msc; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 17 de octubre del 2023.

Mgs. Marco Javier Palacios Carvajal
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Víctor Renee Velásquez Benavides
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Ángel Edmundo Paredes García
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.20
VERSIÓN 02: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **Vaca Granja Cristyan Bryan** con CC: **150075912-9** y **Guaman Morocho Miguel Antonio** con CC: **195008149-5**; estudiantes de la Carrera de **Ingeniería Civil, NO VIGENTE**, Facultad de **Ingeniería**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado: "**Incidencia del estado de la vía en el costo de mantenimiento de los buses urbanos del cantón Tena**", cumple con el 1%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 27 de julio de 2023


Mgs. Carlos Saldaña García
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

El presente proyecto dedico a mis padres Jose y Elena por todo el apoyo, esfuerzo y sacrificio que me han brindado día tras día en el transcurso de toda mi vida académica que sin pensar en su prioridad siempre estuvieron pendientes de mí, a mi madre que a pesar de estar lejos siempre me tenía presente, y con sus llamadas me daba palabras de aliento con todo el amor que solo una madre puede dar.

A cada uno de mis hermanos y a mi sobrino Gabriel que creyeron en mi desde el principio de este gran sueño que tuve desde niño y que ahora se está cumpliendo, por brindarme siempre su apoyo sincero e incondicional.

Miguel Antonio Guaman Morocho

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgen del Cisne por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para salir adelante en este largo camino de preparación profesional y por haber puesto en mi camino a las personas que han sido de gran ayuda y compañía durante mi vida universitaria.

Agradezco de manera especial a mis padres por ser el eje primordial para cumplir mis sueños.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a la Facultad de Ingeniería por darme la oportunidad de luchar por este sueño y lograr ser un profesional.

Finalmente quiero agradecer a mi tutor el Ing. Carlos Saldaña por haber aceptado ser parte de este proyecto y brindarme su asesoramiento y apoyo incondicional durante el desarrollo del mismo.

Miguel Antonio Guaman Morocho

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza en este proceso que fue la universidad, por brindarme la fuerza para seguir adelante y lograr cumplir mis sueños.

Dedico esta tesis a mi padre Marco, quien con su esfuerzo y sacrificio me brindó el estudio, apoyándome siempre con sus enseñanzas para lograr sobrepasar las dificultades que se me presentaron, y a mi madre Martha, quien siempre supo escucharme y brindarme su amor incondicional, su sabiduría para lograr alcanzar mis objetivos, ambos me brindaron los recursos necesarios para poder culminar con mis estudios, priorizando mis necesidades antes que las de ellos por eso estoy muy agradecido por siempre estar conmigo y por eso estoy feliz de que me vean cumplir mis metas.

A mi hermana Xiomara, que siempre estuvo presente dándome ánimos, siendo mi hermana pequeña que la amo mucho y estoy feliz de poder compartir mis logros.

A Karen, quien siempre estuvo conmigo en las buenas y malas, escuchando mis tristezas y alegrías, con quien pude compartir muchos recuerdos a lo largo de mi vida universitaria, estoy agradecido con Dios por brindarme una gran persona en mi vida.

Cristyan Bryan Vaca Granja

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes me brindaron su sabiduría, paciencia y me guiaron por el camino del aprendizaje, para así poder desarrollarme como profesional.

Agradezco a mis padres por vuestro inquebrantable apoyo y amor han sido el cimiento de mi éxito. Cada logro que alcanzo es un testimonio de vuestro sacrificio y confianza en mí. Gracias por ser mis modelos para seguir.

Agradezco sinceramente a mi tutor el Ing. Carlos Saldaña por a ver sido la guía en todo el desarrollo de nuestra tesis, por sus enseñanzas y paciencia en explicarnos.

A mis valiosos compañeros les agradezco, por brindarme ese apoyo incondicional, ese logro que cumplimos y a través de los buenos y malos momentos que compartimos, agradezco esa amistad verdadera que me brindaron.

Cristyan Bryan Vaca Granja

ÍNDICE GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN.....15

ABSTRACT.....16

CAPITULO I: INTRODUCCION17

1.1 Antecedentes 17

1.2 Planteamiento del Problema..... 18

1.3 Justificación..... 18

1.4 Objetivos 18

1.4.1 General..... 18

1.4.2 Específicos..... 19

CAPITULO II: MARCO TEORICO.....20

2.1 Estado del Arte20

2.2 Marco Conceptual20

2.2.1 Pavimento20

2.2.2 Serviciabilidad de pavimentos.....21

2.2.3 Índice de Regularidad Internacional (IRI).....21

2.2.4 Escala y características del IRI.....22

2.2.5 Clasificación de equipos para medir la rugosidad (IRI)23

2.2.6 Evaluación del IRI con el rugosímetro Merlín25

2.2.7 Esquema y representación de las partes de un equipo MERLIN25

2.2.8 Relación del IRI y el costo de mantenimiento del vehículo26

2.2.9 Tipos de mantenimiento vehicular	27
2.2.10 Costos de mantenimiento vehicular en buses urbanos	28
2.2.11 Metodología para determinar la relación entre variables	29
2.2.12 Coeficiente de correlación de Pearson.....	29
2.2.13 Metodología empleada por Agencia Nacional de Tránsito en el cálculo del costo de mantenimiento vehicular.....	30
2.2.14 Cálculo del kilometraje recorrido	32
CAPITULO III: METODOLOGIA	34
3.1 Tipo de Investigación	34
3.2 Diseño de la investigación.....	35
3.3 Técnicas para la recolección de datos	35
3.4 Población de estudio y tamaño de la muestra	36
3.5 Métodos de análisis y procesamiento de datos.....	37
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1 Resultados	40
4.1.2 Validación de las encuestas	47
4.3 Discusión.....	56
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1 Conclusiones	58
5.2 Recomendaciones.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cantidad de recorrido de las diferentes rutas en el cantón Tena	20
Tabla 2 Correspondencia IRI y clasificación INVIAS	22
Tabla 3 Clasificación de equipos de medición del IRI	23
Tabla 4 Tipos de equipos de medición de rugosidad IRI.....	24
Tabla 5 Tipos de Mantenimiento de un automotor	27
Tabla 6 Costos de mantenimiento en buses urbanos según kilómetros recorridos.....	28
Tabla 7 Rubros dentro considerados dentro de los costos variables	31
Tabla 8 Rubros considerados para cambios como parte del mantenimiento preventivo.....	32
Tabla 9 Kilómetros en promedio recorridos al año por una unidad de bus	33
Tabla 10 Rutas de recorrido de los buses urbanos del cantón Tena en estudio	36
Tabla 11 Correspondencia IRI y clasificación INVIAS	38
Tabla 12 Resumen de resultados de IRI y estado de las rutas	46
Tabla 13 Número de encuestados	47
Tabla 14 Costo anual de mantenimiento de los componentes con mayor recambio	49
Tabla 15 Correlación de Pearson entre resultados de encuesta de propietarios y mecánicos de buses urbanos	50
Tabla 16 Contraste de información con el estudio realizado por el GAD MUNICIPAL DEL TENA.....	51
Tabla 17 Análisis de la influencia del IRI vs los costos	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI	23
Figura 2 Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio utilizando MERLIN	25
Figura 3 Esquema del rugosímetro del MERLIN	26
Figura 4 Diagrama de flujo de la metodología	34
Figura 5 Histograma de frecuencias de los datos obtenidos en el ensayo de Merlín de la ruta 1 (0+000 – 0+400) Calle Teniente Hugo Ortiz.....	40
Figura 6 Histograma de frecuencias depurado el 10% de observaciones (datos poco significativos).....	41
Figura 7 Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 1 - Carril Derecho .	42
Figura 8 Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 1 - Carril Izquierdo	42
Figura 9 Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 2 - Carril Derecho .	43
Figura 10 Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 2 - Carril Izquierdo	43
Figura 11 Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 3 - Carril Derecho	44
Figura 12 Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 3 - Carril Izquierdo	44
Figura 13 Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI), de las rutas 1, 2 y 3	45
Figura 14 Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI) combinado de las rutas 1, 2 y 3.....	46
Figura 15 Elementos o repuestos que mayormente requieren remplazo.	48
Figura 16 Resultados obtenidos de las encuestas	50
Figura 17 Costos promedios de mantenimientos de los buses urbanos.	53
Figura 18 Costos totales de mantenimiento de los buses urbanos.	54
Figura 19 Índice de Regularidad Internacional (IRI) vs costo de mantenimiento promedio...55	
Figura 20 Índice de Regularidad Internacional (IRI) vs costo de mantenimiento de amortiguadores.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Mapa del recorrido de las rutas 1, 2 y 3 del carril derecho en el cantón Tena.....	63
Anexo 2 Mapa del recorrido de las rutas 1, 2 y 3 del carril izquierdo en el cantón Tena.	63
Anexo 3 Evidencia fotográfica del ensayo realizado en campo con el rugosímetro de Merlín.	64
Anexo 4 Hoja de campo utilizada para el ensayo realizado con el rugosímetro de Merlín.....	66
Anexo 5 Análisis de desviación de recorrido de los buses en las rutas 1, 2 y 3.	67
Anexo 6 Categorías del estado del IRI en el carril derecho de la Ruta 1	68
Anexo 7 Categorías del estado del IRI en el carril izquierdo de la Ruta 1	70
Anexo 8 Categorías del estado del IRI en el carril derecho de la Ruta 2	71
Anexo 9 Categorías del estado del IRI en el carril izquierdo de la Ruta 2	72
Anexo 10 Categorías del estado del IRI en el carril derecho de la Ruta 3	74
Anexo 11 Categorías del estado del IRI en el carril izquierdo de la Ruta 3	75
Anexo 12 Formato de encuesta aplicada a los propietarios de los buses urbanos del cantón Tena.....	76
Anexo 13 Formato de encuesta aplicada a los mecánicos automotrices del Tena.....	80
Anexo 14 Evidencia fotográfica de la aplicación de encuestas a los propietarios de los buses.	82
Anexo 15 Evidencia fotográfica de la aplicación de encuestas a los mecánicos automotrices del Tena.....	82
Anexo 16 Promedio de kilómetros recorridos al año de los buses de transporte urbano de la ciudad de Tena.	83
Anexo 17 Tabla de resultados obtenidos de las 34 encuestas realizadas a los propietarios de los buses urbanos de la ciudad de Tena.	83
Anexo 18 Tabla de resultados obtenidos de las 5 encuestas realizadas a los mecánicos de transporte pesado de la ciudad de Tena.	85

RESUMEN

En presente trabajo de investigación está enfocado en determinar una relación entre el estado de las vías con el costo de mantenimiento de los buses urbanos en el cantón Tena mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) y la obtención de costos de las refacciones más afectadas por el estado de las vías. Para la recolección de datos se manejan tres tipos de técnicas: revisión bibliográfica, ensayo mediante el rugosímetro de Merlín, y la aplicación de encuestas a los usuarios. Una vez obtenido los resultados del indicador IRI se procedió a clasificarlos en categorías a través de todo el carril y finalmente determinar un valor IRI promedio de todas las rutas igual a 2.35 m/km. Con los datos obtenidos en las encuestas se realizó un contraste de la información proporcionada por los propietarios de los buses urbanos con los costos adquiridos de los mecánicos mediante el uso del coeficiente de correlación de Pearson, obteniendo así una correlación de 0.99 donde se indica que las variables se encuentran relacionadas directamente, además esta información fue contrastada con los datos de un estudio de tarifas realizado por el GAD Municipal del Tena, los cuales están realizadas en condiciones ideales de las vías, a partir de ello se determinó el costo anual de mantenimiento de un bus urbano dando un valor de \$ 4 428.44, finalmente este dato se correlaciono con el Indicador IRI, donde existe un aumento de \$238.44 en comparación al precio dado por el GAD Tena de \$ 4 190.00, además de ello se determinó un incremento de precios del 103% en los amortiguadores, elementos que están vinculados directamente con la regularidad de las vías.

Palabras claves: Técnicas, Contraste, Indicador IRI, Tena, Coeficiente, Correlación.

ABSTRACT

This research work is focused on determining the relationship between the condition of the roads and the cost of maintenance of urban buses in the canton of Tena employing the International Regularity Index (IRI) and obtaining the costs of the spare parts most affected by the condition of the roads. Three types of techniques were used for data collection: bibliographic review, testing with the Merlin roughness meter, and the application of user surveys. Once the results of the IRI indicator were obtained, they were classified into categories across the entire lane, and finally, an average IRI value of 2.35 m/km was determined for all roads. With the data obtained in the surveys, a contrast was made between the information provided by the owners of the urban buses and the costs acquired from the mechanics through the use of Pearson's correlation coefficient, thus obtaining a correlation of 0.997, which indicates that the variables are directly related. In addition, this information was contrasted with the data of a study of rates made by the "GAD Municipal del Tena" city hall, which are made in ideal conditions of the roads; as a result, it was determined that the annual cost of maintenance of an urban bus is \$ 4 428. 44. Finally this data was correlated with the IRI Indicator, where there is an increase of \$ 238.44 compared to the price given by the city hall, which was \$ 4190, in addition to this was determined a price increase of 103% in shock absorbers. These elements are directly linked to the regularity of the roads.

Keywords: Techniques, Contrast, IRI indicator, Tena, Coefficient, Correlation.



HUGO ALONSO SOLIS
VITERI

Reviewed by:

Mgs. Hugo Solis Viteri

1. ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603450438

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La infraestructura vial del Ecuador tiene un gran déficit en el proceso de calidad del transporte por lo que es importante desarrollar mecanismos que permitan a los gobiernos mejorar la disponibilidad de las carreteras en condiciones óptimas para un desarrollo social, promoviendo mejores condiciones de vida para los habitantes (Manuel & Coronado, 2018). EL transporte es importante para el desarrollo de la población, por ello la necesidad de poder transportarse a diferentes áreas urbanas y rurales con el fin de realizar una variedad de actividades que permiten un desarrollo socioeconómico de la región.

Si nos centramos en el concepto de transporte, este ha estado vinculado directamente con desplazamiento o movilidad, en la actualidad el transporte público se enfoca en el uso de automóviles y buses, generando sistemas de transporte vial, acercándonos a la nueva visión sobre movilidad, en la actualidad el transporte tiene como obligación brindar un servicio seguro, limpio y asequible para toda la población (Ortiz, 2016).

El cantón Tena posee una red vial de 117,50 km, donde el transporte urbano es un pilar importante para el desarrollo social de los habitantes, el cual consta de tres rutas de circulación en todo el catón Tena, el recorrido de los buses urbanos es alrededor de 80,10 kilómetros.

El presente proyecto de investigación se centra en estudiar la incidencia de la infraestructura vial con el costo que asume el usuario en mantenimiento del vehículo, es importante señalar que el indicador IRI como modelo técnico para evaluar el estado de las rutas de transporte con la finalidad de mejorar el servicio de transporte público de la ciudad del Tena, con el objetivo de mejorar la situación de la población, contribuyendo con un diagnóstico para poder obtener un factor de relación con el mantenimiento de las flotas de buses.

1.2 Planteamiento del Problema

En la ciudad del Tena, existen vías de tránsito vehicular en las que se puede evidenciar un desgaste de estas, en consecuencia, los usuarios pueden tener malas experiencias al transitarlas y además desconocer cuanto esto impacta al funcionamiento de los automotores.

Por ello se debe analizar la relación que existe entre el estado en que se encuentran las vías y el costo del mantenimiento de los vehículos, de tal forma que se pueda determinar y se demuestre cuanto afecta la regularidad de la capa de rodadura a los vehículos que los transitan, el cual en este caso son los buses de transporte urbano. A partir de lo cual se ha planteado la siguiente pregunta: ¿Se puede correlacionar el costo de mantenimiento de los buses urbanos con el estado de las vías en el cantón Tena?

1.3 Justificación

El siguiente estudio que se realizará en la ciudad del Tena tendrá como propósito obtener información de las vías de tránsito y encontrar una relación entre la calidad de las vías de transporte urbano con el funcionamiento de los vehículos que lo transitan, dicha información será muy útil y puede ser usada por los organismos de gestión y usuarios de las vías.

Para la elaboración del estudio de la regularidad de las vías seleccionadas se lo realizara por medio del indicador IRI el cual es una técnica que mide los índices de regularidad de las vías, para el mismo se usara como equipo el rugosímetro de MERLIN, el cual es un artefacto que cuenta con un alto índice de exactitud para este tipo de estudio.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Determinar la correlación del estado de las rutas viales, con el costo de mantenimiento de los buses urbanos.

1.4.2 Específicos

- Evaluar el estado de las vías mediante el indicador IRI.
- Valorar el costo anual de mantenimiento que realizan los propietarios de los buses urbanos.
- Contrastar la información entregada por propietarios con información de mecánicas donde los buses realizan el mantenimiento.
- Establecer la relación del costo de mantenimiento de los buses urbanos con las diferentes rutas.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Estado del Arte

La movilidad es uno de los aspectos más importante en la actualidad, lo cual se convierte en uno de los pilares que ayuda considerablemente al crecimiento socioeconómico y progreso de un país o, incluso algo más limitado como una ciudad, ya que permite que los ciudadanos diariamente se movilen para cumplir sus actividades cotidianas como ir a las escuelas, trabajo y otras numerosas actividades, y de esta forma se produce la interrelación e intercambio de bienes y servicios.

En el cantón Tena, se determinó que existen tres tipos de líneas de buses que efectúan un recorrido que cumple con las rutas de ida y vuelta alrededor de 80.096 kilómetros en total de las diferentes líneas de transporte público urbano, ver tabla 1:

Tabla 1

Cantidad de recorrido de las diferentes rutas en el cantón Tena

	Distancia Carril Derecho (Km)	Distancia Carril Izquierdo (Km)	Distancia Total del Circuito (Km)	Nº Vueltas Diarias	Nº Buses	Recorrido Diario Unitario (Km)
RUTA 1	14.4	14.6	29	8	17	232
RUTA 2	13	13.32	26.32	7	13	184.24
RUTA 3	12.66	12.12	24.78	7	4	173.43
Total			80.10			589.67

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Pavimento

Se define como pavimento al conjunto de capas superpuestas horizontalmente que se diseñan y se construyen técnicamente y con materiales idóneos y compactados, siendo esta

estructura apoyada sobre la subrasante que ha de resistir adecuadamente las cargas continuas del tránsito (De La Cruz et al., 2022)

2.2.2 Serviciabilidad de pavimentos

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico ya sean autos o camiones que circulan en la vía, indicando el desempeño funcional relacionada con la seguridad y comodidad del pavimento (Castro et al., 2020)

Según (Burgos & Adolfo, 2022), el concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como siguientes:

1. Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
2. El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
3. La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad
4. Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
5. El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

2.2.3 Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Es el parámetro que evalúa el estado de la capa superficial del pavimento de una vía tomando en cuenta irregularidades que se presentan con respecto a una superficie plana teórica, conceptualmente el Índice de Regularidad Internacional (IRI) relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo (Colcha & Saldaña, 2022).

Este índice es el resultado del movimiento vertical relativo acumulado de la masa superior (que simula el asiento del conductor), al recorrer una longitud determinada de carretera. Se define como la razón entre el movimiento relativo acumulado por la suspensión del vehículo tipo, y la distancia recorrida por dicho vehículo (Pía & Raygada, 2020)

2.2.4 Escala y características del IRI

El Banco Mundial propuso la escala de medición IRI en 1986 para pavimentos de hormigón asfáltico y con tratamiento superficial, así como para aquellas carreteras donde la superficie de rodadura está en un nivel afirmado o trochas carreteras. Además de estas escalas de medición propuestas por el Banco Mundial, la norma ASTM E 1926 también proporciona una escala para medir la planitud de la superficie de la acera (Burgos & Adolfo, 2022).

La escala y características implicadas en el IRI son las siguientes:

- Sus unidades están dadas en mm/m, m/km o in/mi.
- La escala del IRI en carreteras pavimentadas varía de 0 a 12 m/ km (0 a 760 in /mi), donde 0 es una superficie totalmente uniforme y 12 un camino intransitable.
- Para superficies con una pendiente constante sin deformación (plano Inclinado), el IRI es igual a cero. por lo tanto, la pendiente no afectará el valor de IRI, no así los cambios de pendiente.

Tabla 2

Correspondencia IRI y clasificación INVIAS

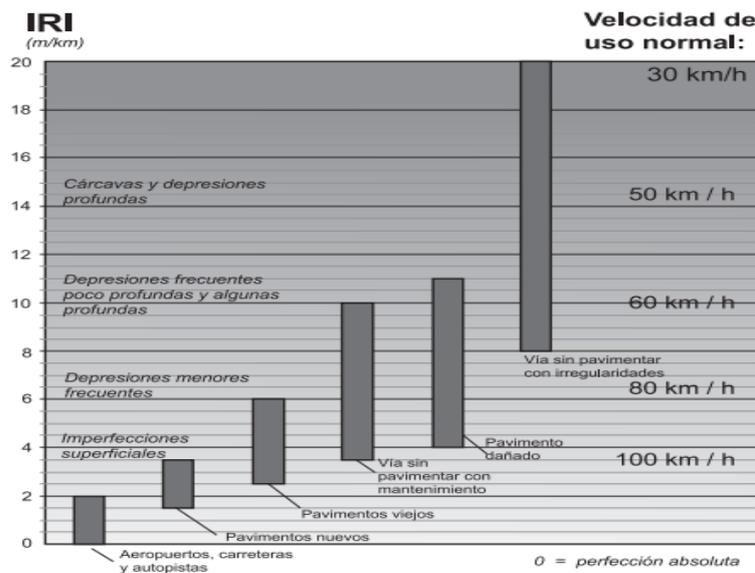
Categoría de Estado	Clasificación Inviás	IRI (m/km)
Muy Bueno	MB	<2.5
Bueno	B	<3.5
Regular	R	<4.5

Malo	M	<5.5
Muy Malo	MM	>5.5

Fuente: (Gómez et al., 2016)

Figura 1

Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI



Fuente: (Díaz et al., 2021)

2.2.5 Clasificación de equipos para medir la rugosidad (IRI)

Tabla 3

Clasificación de equipos de medición del IRI

Clasificación del equipo	Requerimientos
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 rodera de la vía para calcular el IRI. Esta distancia no debería superar los 0.25 mm 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.
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
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.
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.

Fuente: (Montoya, 2013)

Los equipos para la medición de la rugosidad de un pavimento son varios, entre los cuales se encuentran los perfilómetros dinámicos y los sistemas estáticos como se muestra en la tabla 3.

Tabla 4

Tipos de equipos de medición de rugosidad IRI

Equipos de medición	Tipos
Equipos de medición dinámicos	Perfilógrafos, perfilómetro inercial APL, perfilómetro inercial.
Equipos de medición estáticos	Levantamientos con mira y nivel, Perfilómetros de barra del TRRL, Face Dipstick, Rugosímetro Merlín

Fuente: (Gutiérrez & Quispetupa, 2019)

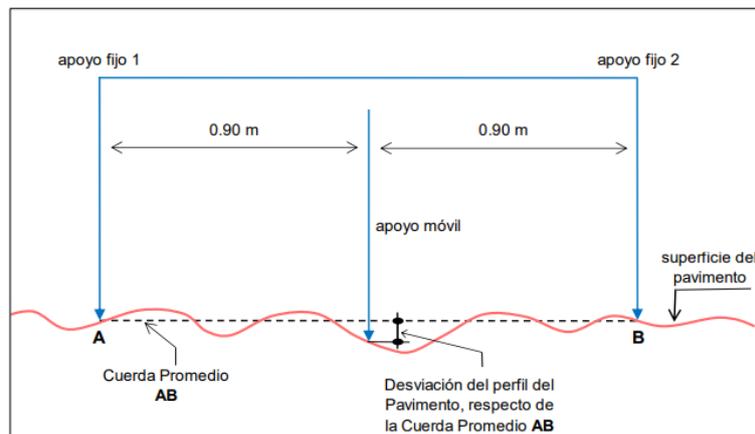
2.2.6 Evaluación del IRI con el rugosímetro Merlín

El rugosímetro Merlín es un instrumento de clase 2 de aplicación manual y uso sencillo cuyo principio se basó en utilizar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto a una cuerda promedio (desplazamiento), donde se debe medir 200 desviaciones respecto a la cuerda promedio de forma continua a lo largo de la vía (Colcha & Saldaña, 2022).

En la figura 2 se ilustra como MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio (Limay & Cubas, 2021).

Figura 2

Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio utilizando MERLIN



Fuente: (Limay & Cubas, 2021)

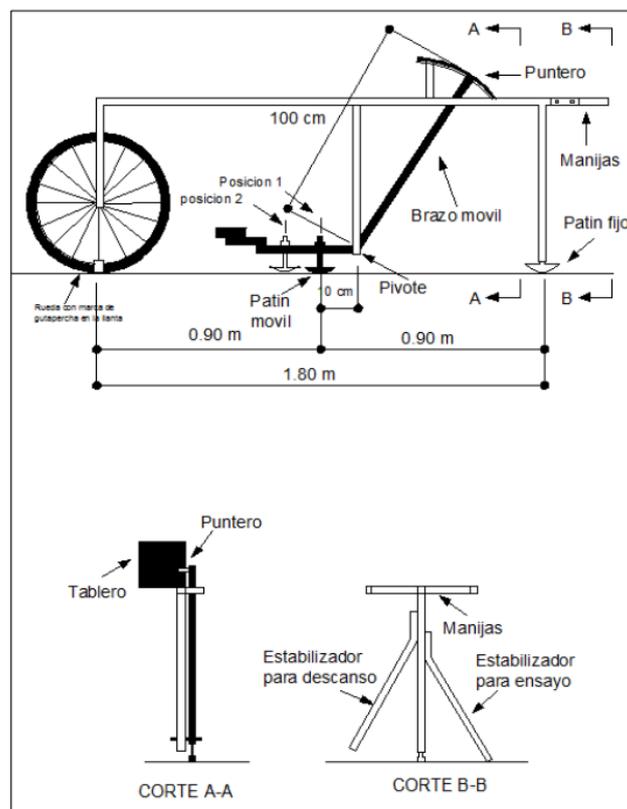
2.2.7 Esquema y representación de las partes de un equipo MERLIN

El rugosímetro de Merlín consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es

una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla (Limay & Cubas, 2021).

Figura 3

Esquema del rugosímetro del MERLIN



Fuente: (Limay & Cubas, 2021)

2.2.8 Relación del IRI y el costo de mantenimiento del vehículo

Según investigaciones realizadas en Nevada, Estados Unidos, muestran que pavimentos con bajas rugosidades mejoran la eficiencia del combustible y reducen los costos de mantenimiento de los vehículos. Dicho estudio se realizó en carreteras que presentaban

condiciones de rugosidad altas con fallas por fatiga y por vías en excelentes condiciones, y los resultados mostraron que las vías con irregularidades superficiales incrementaron los daños en los vehículos y componentes (González & Quitian, 2016)

La calidad de un pavimento se mide por la rugosidad de este, así, un índice de rugosidad bajo implica que se transita por una carretera ‘buena’. Un índice alto, significa que la calidad de la carretera es baja. Esta calidad de viaje influye también sobre los componentes mecánicos del vehículo. La forma en que un vehículo vibra depende de la rugosidad de la carretera y de la velocidad a la que se transite. Un incremento en velocidad hace parecer la carretera más rugosa, lo que resulta en cargas dinámicas elevadas de las llantas, lo que produce mayor daño. A menor índice de rugosidad, se causará menor daño a los componentes mecánicos del vehículo y, por consecuencia será menor el costo de mantenimiento del mismo (del Valle et al., 2000)

2.2.9 Tipos de mantenimiento vehicular

Tabla 5

Tipos de Mantenimiento de un automotor

Tipo de mantenimiento	Descripción
Mantenimiento correctivo	El mantenimiento correctivo consiste en la reparación o reemplazo del componente del sistema que esté ocasionando fallos al automotor.
Mantenimiento preventivo	Este mantenimiento se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos.

Fuente: (Ochoa, 2018)

2.2.10 Costos de mantenimiento vehicular en buses urbanos

Según el estudio de diseño y simulación de un sistema de costos de mantenimiento realizado en la ciudad de Quito, el mantenimiento de un bus urbano se lo realiza conforme la cantidad de kilómetros que recorre el automotor.

Dada la investigación un bus puede recorrer en promedio un total de 100000 kilómetros anuales recorriendo horarios de 8 horas diarias de lunes a domingo (Chiriboga & Xavier, 2013). A continuación, se indica los costos de los mantenimientos preventivos según la cantidad de kilómetros recorridos, los cuales son realizados con personal capacitado.

Tabla 6

Costos de mantenimiento en buses urbanos según kilómetros recorridos

Kilometraje	Costo (\$)
1000	250.50
5000	129.11
10000	129.11
15000	129.11
20000	196.12
25000	273.00
30000	129.11
35000	129.11
40000	969.75
45000	129.11
50000	250.50
55000	129.11
60000	341.77
65000	129.11
70000	129.11
75000	273.00
80000	969.75

85000	129.11
90000	129.11
95000	129.11
100000	400.82
Sub Total	5 474.54
IVA 12%	656.94
TOTAL	6 131.48

Fuente: (Chiriboga & Xavier, 2013)

Se tiene el valor de cada uno de los mantenimientos, sumando estos valores se tiene como resultado el costo total de los mantenimientos de 0 a 100.000 Km. que es de \$ 6 131,48 total en un año. Dando el costo de mantenimiento por cada kilómetro recorrido de \$ 0,06 (Chiriboga & Xavier, 2013)

2.2.11 Metodología para determinar la relación entre variables

Los modelos de correlación de variables determinan si las fluctuaciones de una variable influyen en las fluctuaciones de otra. Los modelos más utilizados para el análisis estadístico de correlación de variables son el modelo de Karl Pearson y modelo de Spearman, por su fácil ejecución e interpretación y por su utilidad (Arízaga & Játiva, 2016).

2.2.12 Coeficiente de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson analiza la relación lineal entre dos variables (X, Y), siendo independiente de la escala de medida de las variables. (Arízaga & Játiva, 2016)

Para el cálculo del coeficiente se utiliza la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{S_X * S_Y} \quad (1)$$

Donde:

σ_{XY} : Covarianza

S_X : Desviación típica en X (variable 1)

S_Y : Desviación típica en Y (variable 2)

$$\sigma_{XY} = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{n - 1}$$

(2)

Donde:

σ_{XY} : Covarianza de la variable X con Y.

$(X - \bar{X})$: Diferencia de cada uno de los datos X con relación a su media.

$(Y - \bar{Y})$: Diferencia de cada uno de los datos Y con relación a su media.

n : Es la cantidad de datos o elementos que existen.

Cuando los resultados de correlación entre dos variables son +1, se define como perfecta positiva, lo que indica que exactamente en la medida que una variable cambie la otra lo hará en la misma magnitud, cuando ocurre esta correlación, se la describe como funcionalmente exacta. (Arízaga & Játiva, 2016)

2.2.13 Metodología empleada por Agencia Nacional de Tránsito en el cálculo del costo de mantenimiento vehicular

Los costos variables que establece la agencia nacional de tránsito dependerán del kilometraje recorrido, es decir en función de la distancia recorrida, por ejemplo, los combustibles, los lubricantes y otros que en general son consumibles (ANT, 2021).

Los costos variables que establece la agencia nacional de tránsito dependerán del kilometraje recorrido, es decir en función de la distancia recorrida, por ejemplo, los combustibles, los lubricantes y otros que en general son consumibles (ANT, 2021).

Tabla 7

Rubros dentro considerados dentro de los costos variables

Ítem
Combustibles
Neumáticos
Mantenimiento preventivo
Mantenimiento correctivo

Fuente: (ANT, 2021)

Donde el costo variable será igual a la suma de todos los ítems mencionados, en este estudio se tomará en cuenta los componentes del mantenimiento preventivo, como elementos o repuestos que sean mayormente afectados por el estado de las vías, considerando que la agencia nacional proporciona un listado de rubros.

Mantenimiento Preventivo: Corresponden a los rubros destinados a la conservación del automotor en general, mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad, objetivo de evitar o mitigar las consecuencias de los fallos, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

Tabla 8

Rubros considerados para cambios como parte del mantenimiento preventivo

Rubros para los cambios	
Aceite y Filtro Motor	Junta universal de cardan
Aceite de transmisión Manual	Rodamiento de centro de cardan
Aceite de Diferenciales	Filtro de Aire motor con turbo
Líquido de embrague	Filtro secador de aire
Rulimanes de manzanas	Filtro de aire acondicionado
Líquido de dirección hidráulica	Sistema de aire acondicionado
Rotación de llantas	Filtro Combustible de línea
Alineación, Balanceo y Rotación	Filtro separador de agua
Líquido de frenos	Filtro Racor Bomba
Frenos Delanteros y Posteriores	Suspensión y carrocería
Tuercas de ruedas	Amortiguadores
Freno de Parqueo	Aceite mecanismo de cabina
Freno de escape	Luces indicadoras y de advertencia
Tanques de aire	Batería
Terminales, pines bocines y crucetas	Motor de arranque

Fuente: (ANT, 2021)

2.2.14 Cálculo del kilometraje recorrido

El kilometraje que corresponde a la distancia de recorrida de las diferentes rutas, por el número de frecuencias autorizadas, por semana, y por año, relacionados con la regulación de los servicios de transporte terrestre (ANT, 2021).

Se deberá determinar el número de kilómetros semanales de la siguiente manera:

Tabla 9

Kilómetros en promedio recorridos al año por una unidad de bus

Rutas	# de kilómetros por ruta	# de frecuencias semanales	Total, de kilómetros semanales
Ruta 1	x_1	y_1	$z_1 = x_1 * y_1$
Ruta 2	x_2	y_2	$z_2 = x_2 * y_2$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
Ruta n	x_n	y_n	$z_n = x_n * y_n$
	Total		$z = \sum_{i=1}^n (Z_n)$

Fuente: (ANT, 2021)

El resultado de los kilómetros recorridos al año se determinará con la siguiente ecuación:

$$km_{año} = Z * s \tag{3}$$

Donde:

$km_{año}$: Promedio kilómetros de recorrido al año de las rutas autorizadas.

Z : Total de kilómetros recorridos por semana.

s : Número de semanas del año.

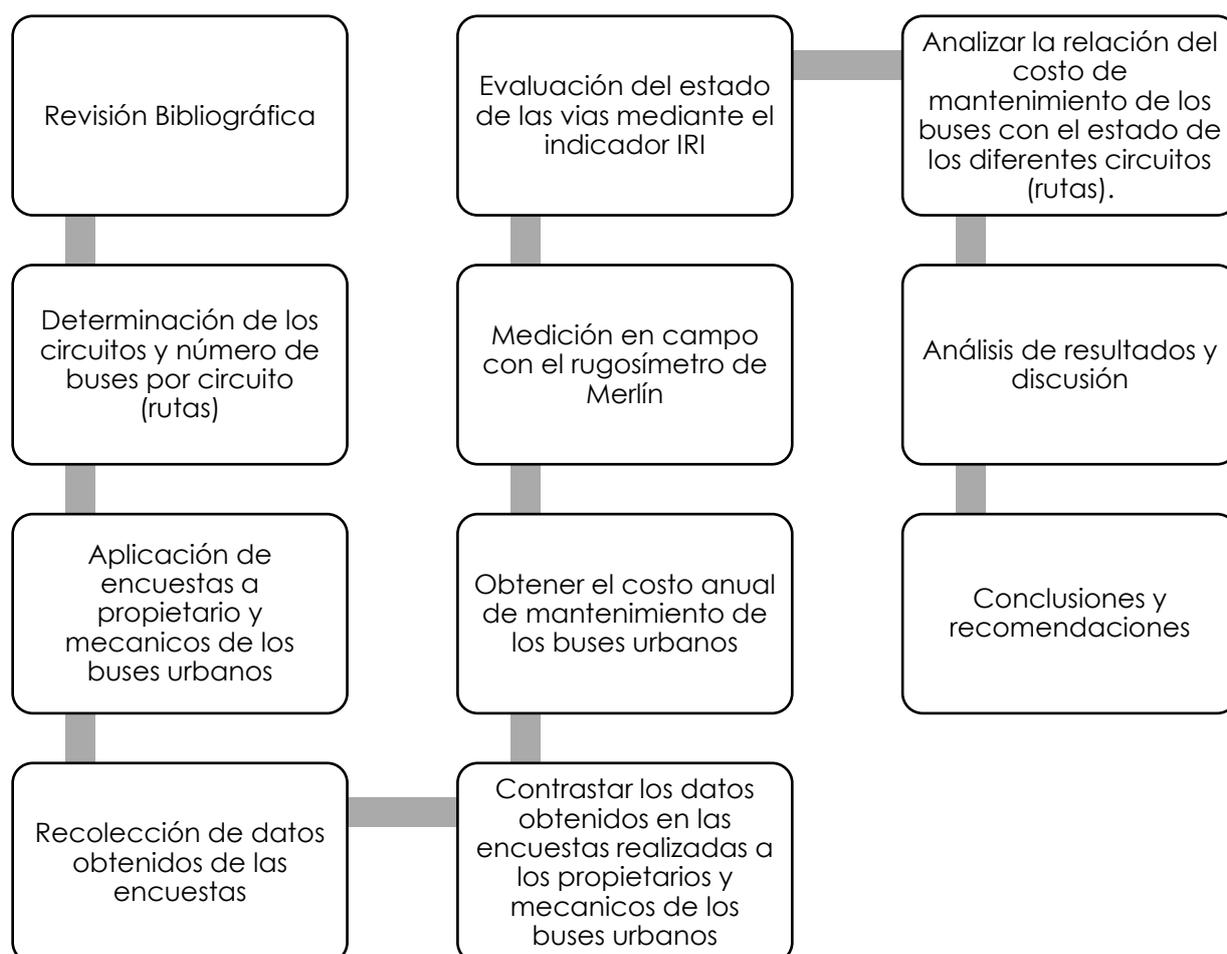
CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Tipo de Investigación

La metodología utilizada en la presente investigación es de tipo mixta, basándose en un enfoque cualitativo-cuantitativo, debido a la recopilación de datos e información, aplicando el indicador IRI para determinar la regularidad de las vías en las rutas que circulan los buses urbanos en el cantón Tena empleando encuestas a los propietarios de los buses y mecánicos para poder evaluar la incidencia en el costo de mantenimiento en relación con el estado de las diferentes rutas o circuitos de recorrido.

Figura 4

Diagrama de flujo de la metodología



3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental transversal, puesto que todos los datos que se obtienen son de forma directa y el investigador no puede controlar, manipular o alterar las variables obtenidas si no que las observa e interpreta en un cierto tiempo, para llegar a una conclusión.

Es fundamental mencionar que se realizó dos tipos de investigación: la investigación bibliográfica que consta de la búsqueda de información de la literatura, recolectando la misma en diferentes buscadores como repositorios institucionales de diferentes universidades, SCOPUS, base de datos de organismos gubernamentales, etc. y la investigación realizada en campo, la cual permite obtener datos de las vías o rutas seleccionadas para el estudio, en el cantón Tena.

3.3 Técnicas para la recolección de datos

Para la recolección de datos de las rutas seleccionadas se realizó trabajo en campo, misma que fue llevada a cabo usando varias técnicas las cuales son: la técnica de la revisión bibliográfica sobre el tema del cual se está realizando el estudio, técnica de visualización que fue empleada en el reconocimiento y medición de la regularidad de las vías de pavimento flexible, pavimento rígido y adoquín, usando el instrumento rugosímetro de Merlín, en la que en la hoja de apuntes de campo se han registrado 200 lecturas en cada 400 metros de vía de estudio, finalmente se efectuó la técnica de encuestas para obtener información de los propietarios de buses y las mecánicas que prestan el servicio de mantenimiento a los buses urbanos en el cantón Tena y de esta forma poder relacionar estas dos variables, los cuales son: los datos de las regularidades de las vías con el costo del mantenimiento de los buses.

3.4 Población de estudio y tamaño de la muestra

El presente proyecto de investigación corresponde a una población finita limitada por las vías en donde circulan los buses urbanos en el Cantón Tena, en el cual existe un total de 80.10 km, contando los dos carriles de las vías (medición autoría propia).

En el tamaño de la muestra se optó por realizar el estudio en el total de recorrido, esto debido a que la población en kilometraje no es muy extensa para obtener los datos del ensayo de regularidad en dos sentidos (derecho e izquierdo) y además esto ayuda a determinar los valores de IRI de una forma más precisa a lo largo de las tres rutas.

Tabla 10

Rutas de recorrido de los buses urbanos del cantón Tena en estudio.

Nombre de Ruta	Distancia de Carril derecho (km)	Distancia de carril Izquierdo (km)	Total, de recorrido (km)
Ruta 1	14.4	14.6	29
Ruta 2	13	13.32	26.32
Ruta 3	12.66	12.12	24.78
Total			80.10

En cuanto a la aplicación de encuestas dirigidas a los propietarios de los autobuses urbanos y mecánicos del cantón Tena, de la misma forma se optó por realizar al total de la población, el cual cuenta con 34 propietarios y 5 mecánicas, es una forma más factible realizar las encuestas de forma presencial, esto debido a que los encuestados al desarrollar una encuesta en línea podrían tener dificultades en alguna pregunta, puesto que de forma presencial se puede reformular las preguntas de una manera más simple.

3.5 Métodos de análisis y procesamiento de datos

Para realizar el análisis e interpretación de datos obtenidos en el ensayo en campo, se procesó la información mediante el uso del software de hojas de cálculo Microsoft Excel. Para determinar los valores de IRI a lo largo de las rutas se tomó en cuenta el Manual de Merlín y la tesis realizada por (Ruiz & Lisandro, 2021), en la que se muestra detalladamente el procedimiento de cálculo del rango “D” (ancho del histograma) en unidades Merlín y las expresiones usadas para transformar a unidades de m/km, valores que serán representados en gráficos de barras a lo largo de todo el carril y posteriormente graficados en diagramas de cajas y bigotes para evidenciar de una forma más resumida los resultados de IRI, datos que posteriormente serán usadas para realizar un análisis en relación con los costos de mantenimiento de los buses, recogidos en las encuestas.

Para el cálculo del IRI como ejemplo se tomará los datos de la primera muestra de la ruta 1 abscisa 0+000 - 0+400; inicialmente se grafica un histograma de los datos y luego se procede a calcular el rango “D” para lo cual se eliminan un total de datos del 10% en todo el rango de la muestra o más específicamente del 5% en cada extremo o cola del histograma, tal y como son medidas 200 desviaciones se procede a eliminar 10 datos en cada extremo de la muestra debido a que dichos datos se alejan más allá de la desviación estándar. Posteriormente para el cálculo del valor “D” se debe considerar las fracciones producto de la eliminación de datos, y aplicando la expresión propuesta por (Águila, 1993).

$$D = \left(\frac{14}{15}\right) + 7 + \left(\frac{3}{5}\right) = 7.53 * 5 = 37.67 \text{ mm}$$

El rango D debe estar expresado en milímetros por lo que se debe multiplicar por la cantidad de milímetros que contiene cada unidad del rugosímetro de Merlín.

Para correlacionar el rango “D” versus Índice de Regularidad Internacional (IRI) se utilizan las siguientes expresiones, (Ruiz & Lisandro, 2021).

$$\text{Cuando } D > 40, \text{ entonces: } IRI = 0.593 + 0.0471 * D$$

$$\text{Cuando } D < 40, \text{ entonces: } IRI = 0.0485 * D$$

$$IRI = 0.0485 * 37.67 \text{ mm} = 1.83 \frac{m}{km}$$

Para identificar el IRI de las vías a lo largo de la ruta, se lo ha realizado tomando como base la tabla de clasificación del IRI de (Gómez et al., 2016).

Tabla 11

Correspondencia IRI y clasificación INVIAS

Categoría de Estado	Clasificación Invias	IRI (m/km)	Identificación
Muy Bueno	MB	<2.5	
Bueno	B	<3.5	
Regular	R	<4.5	
Malo	M	<5.5	
Muy Malo	MM	>5.5	

Con los resultados de los datos obtenidos de las encuestas tanto a propietarios que fueron 8 preguntas y a los mecánicos 4 preguntas, determinando cuántas veces realiza cambios y costos de los elementos o repuestos durante un año de servicio del bus urbano.

Para la realización de análisis de resultado se correlaciono la opinión de los propietarios con lo de mecánicos, obteniendo que el coeficiente de Pearson es de 0.99, interpretando que existe una relación de forma directa.

Se puede realizar un contraste de información con la obtenida del GAD MUNICIPAL TENA el estudio de “Estudio de tarifas del transporte público intracantonal combinado del

cantón Tena”, obteniendo datos que permiten relacionar la variación que existe de los siguiente elementos o repuestos que son: neumáticos, amortiguadores, alineación, balanceo y rotación, rulimanes de manzana, frenos delanteros y posteriores. Para relacionar la regularidad de las vías con el costo que asume el usuario, en este caso es el propietario de los buses urbanos.

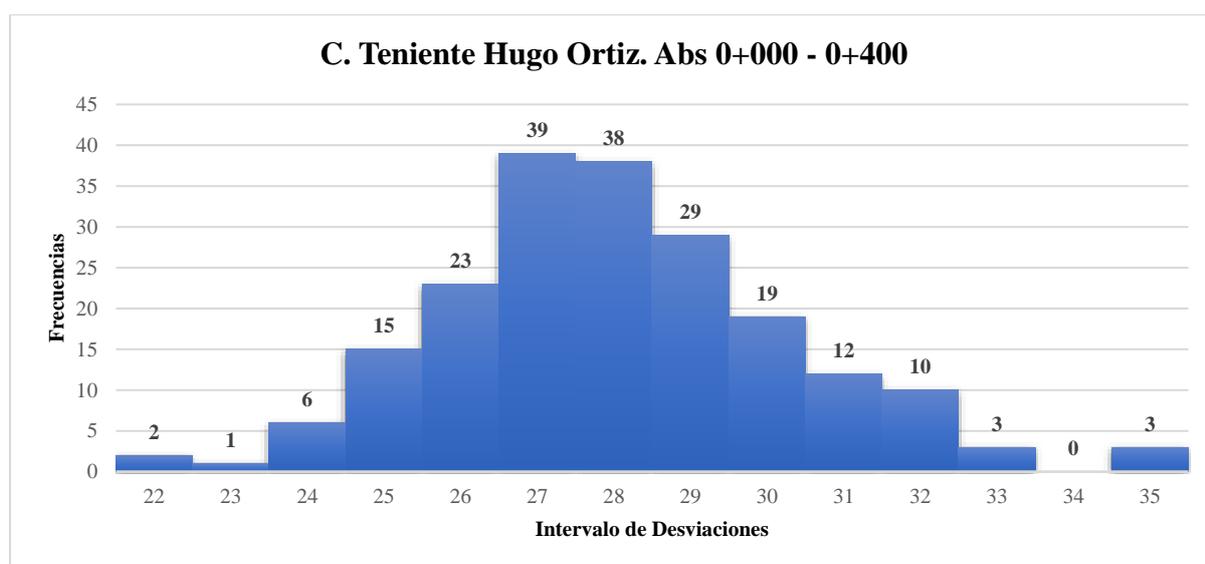
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Concluido el levantamiento de información de todas las rutas de los buses (línea 1, 2 y 3), haciendo uso del rugosímetro de Merlín, se digitalizo los datos obtenidos del trabajo en campo (ver anexo 2). Para especificar el procedimiento para el cálculo del IRI se presenta el análisis en el primer tramo de la ruta 1 (Abs. 0+000 – 0+400) Calle Teniente Hugo Ortiz. En base a estos datos se procede a realizar el cálculo del IRI.

Figura 5

Histograma de frecuencias de los datos obtenidos en el ensayo de Merlín de la ruta 1 (0+000 – 0+400) Calle Teniente Hugo Ortiz.

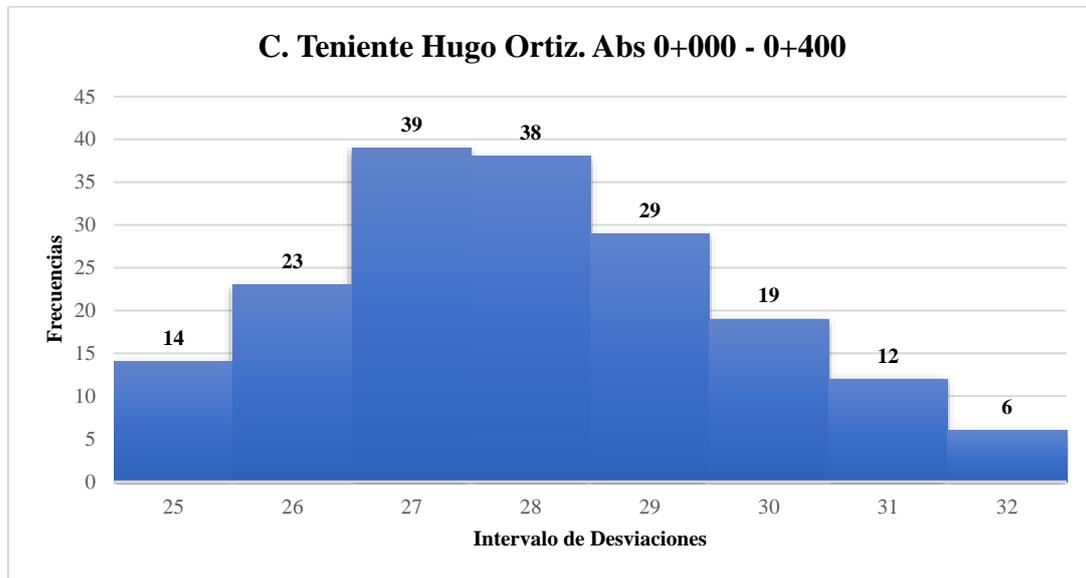


Al realizar la tabulación de los datos obtenidos se puede visualizar una distribución en forma de campana de Gauss, lo cual significa que dichos datos obtenidos en el ensayo son correctos.

En la figura 6 se muestra el grafico con la depuración de datos del 5% en cada extremo del histograma.

Figura 6

Histograma de frecuencias depurado el 10% de observaciones (datos poco significativos)



Luego de depurar los valores poco significativos que se encontraban dispersos, se puede visualizar que los valores tomados con el rugosímetro de Merlín varían en el rango de 25-32, lo cual presenta una variedad de datos a partir del 27, de esta forma puede deducir según los datos mostrados que la vía en estudio está en subida.

En las gráficas posteriores se muestran los resultados del IRI calculados a lo largo de las tres rutas, tanto en el carril derecho como el izquierdo, evidenciando así las variaciones de IRI a lo largo del carril. Cabe mencionar que no se tomó en cuenta los kilómetros recorridos de desviación de los buses al salir y retornar al lugar de estacionamiento, cuando empieza y finaliza su jornada laboral, puesto que el porcentaje de desviación no es significativa, dando valores del 2.94%, 4.56%, 0.73% en las rutas 1, 2 y 3 respectivamente (Ver anexo 3).

Figura 7

Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 1 - Carril Derecho

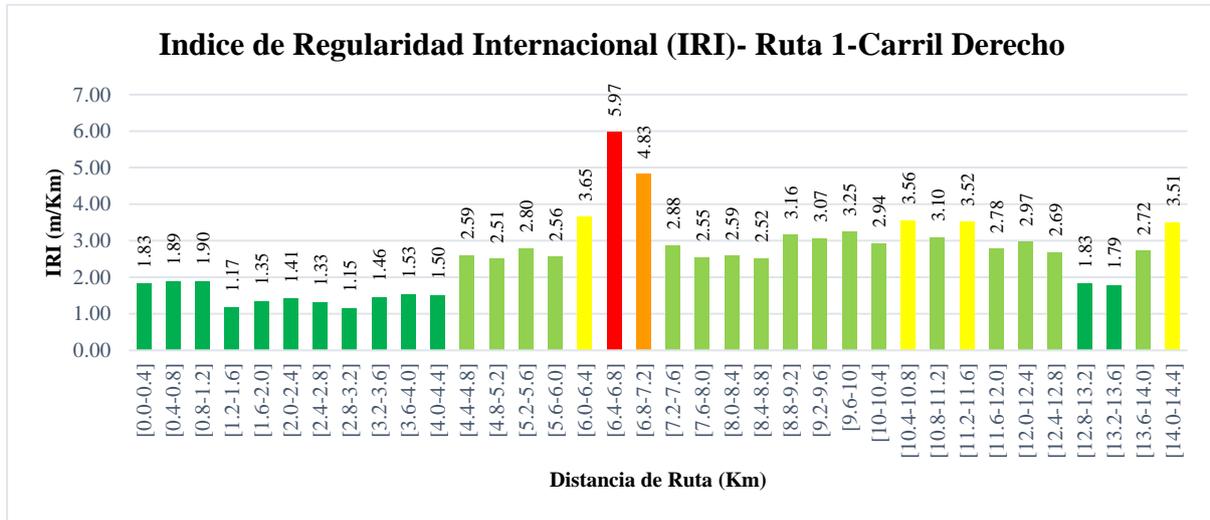


Figura 8

Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 1 - Carril Izquierdo

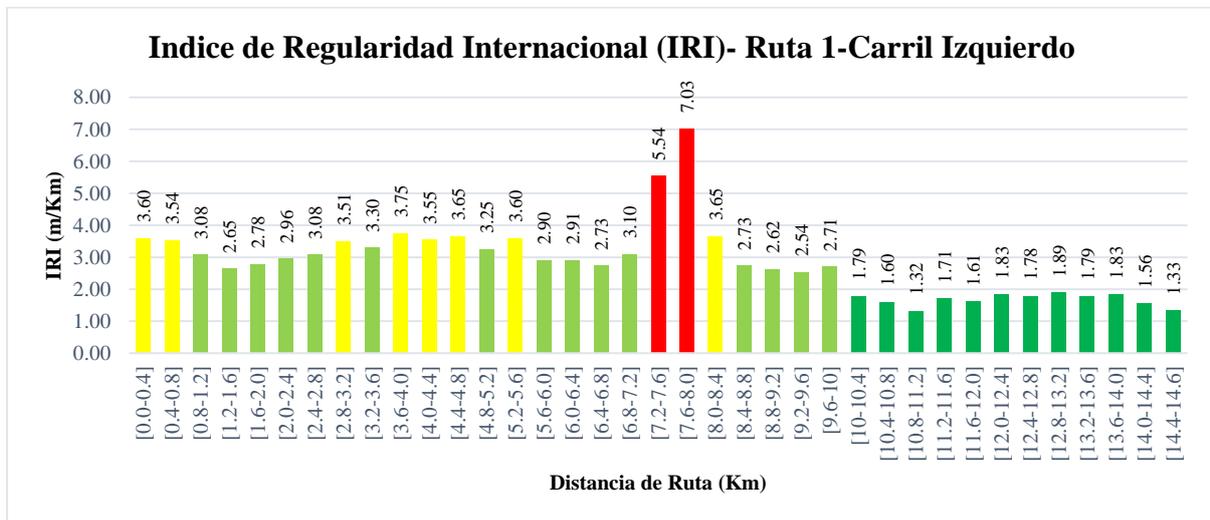


Figura 9

Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 2 - Carril Derecho

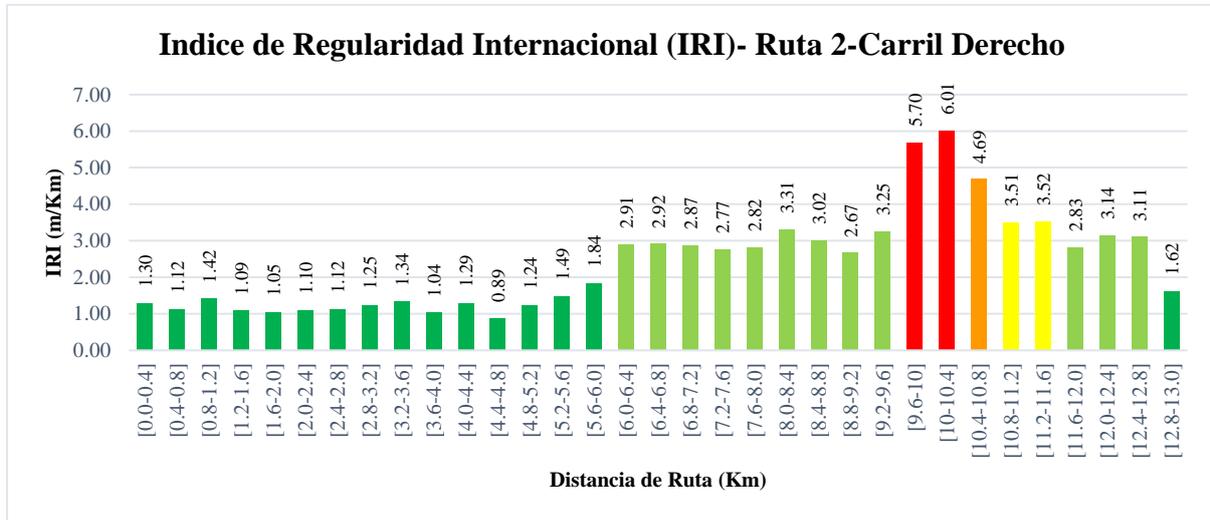


Figura 10

Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 2 - Carril Izquierdo

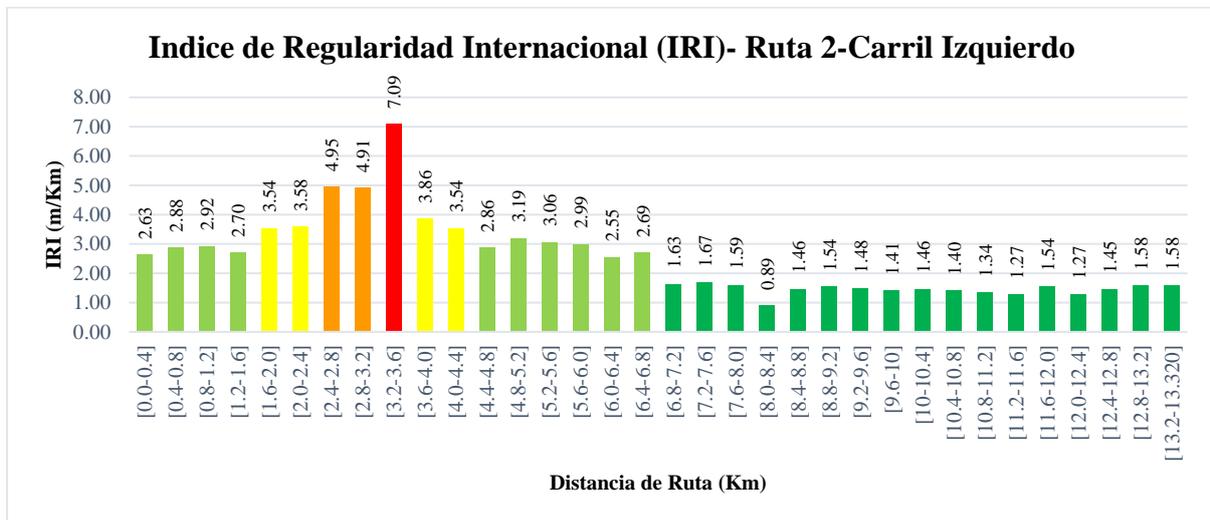


Figura 11

Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 3 - Carril Derecho

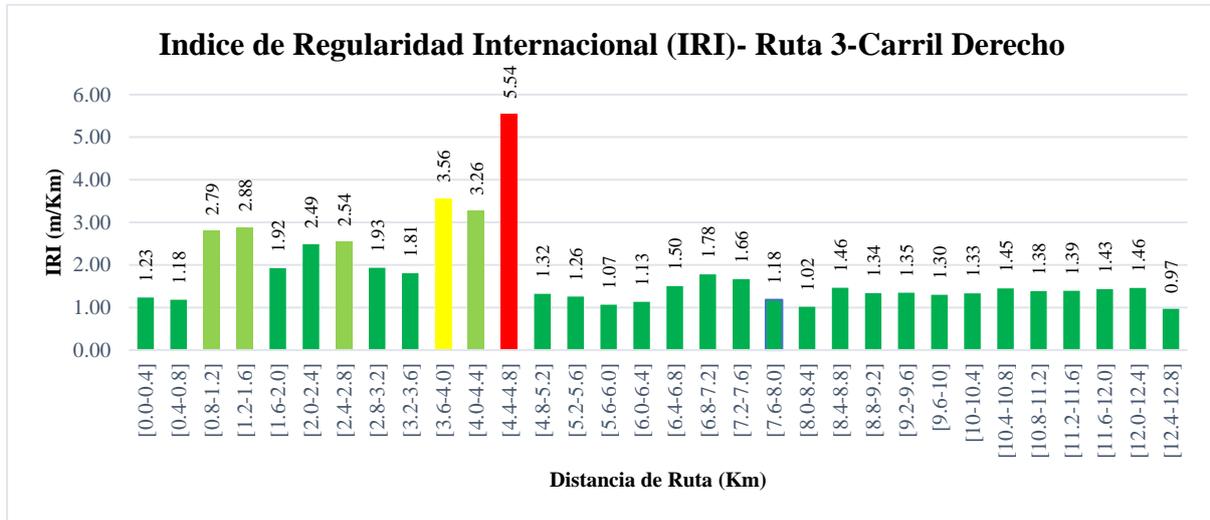


Figura 12

Histograma de Índice de Regularidad Internacional (IRI) Ruta 3 - Carril Izquierdo

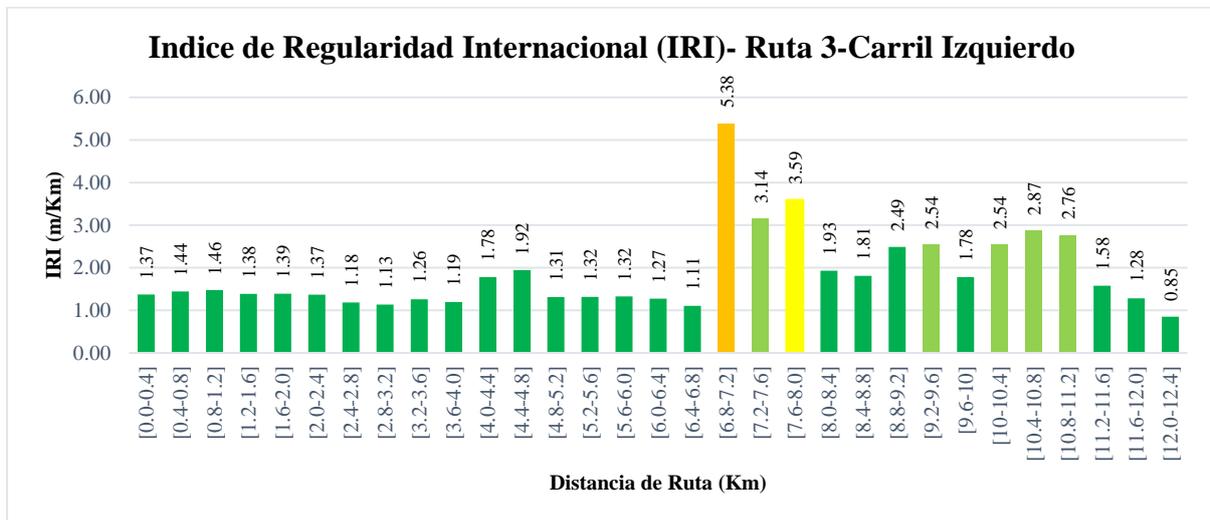
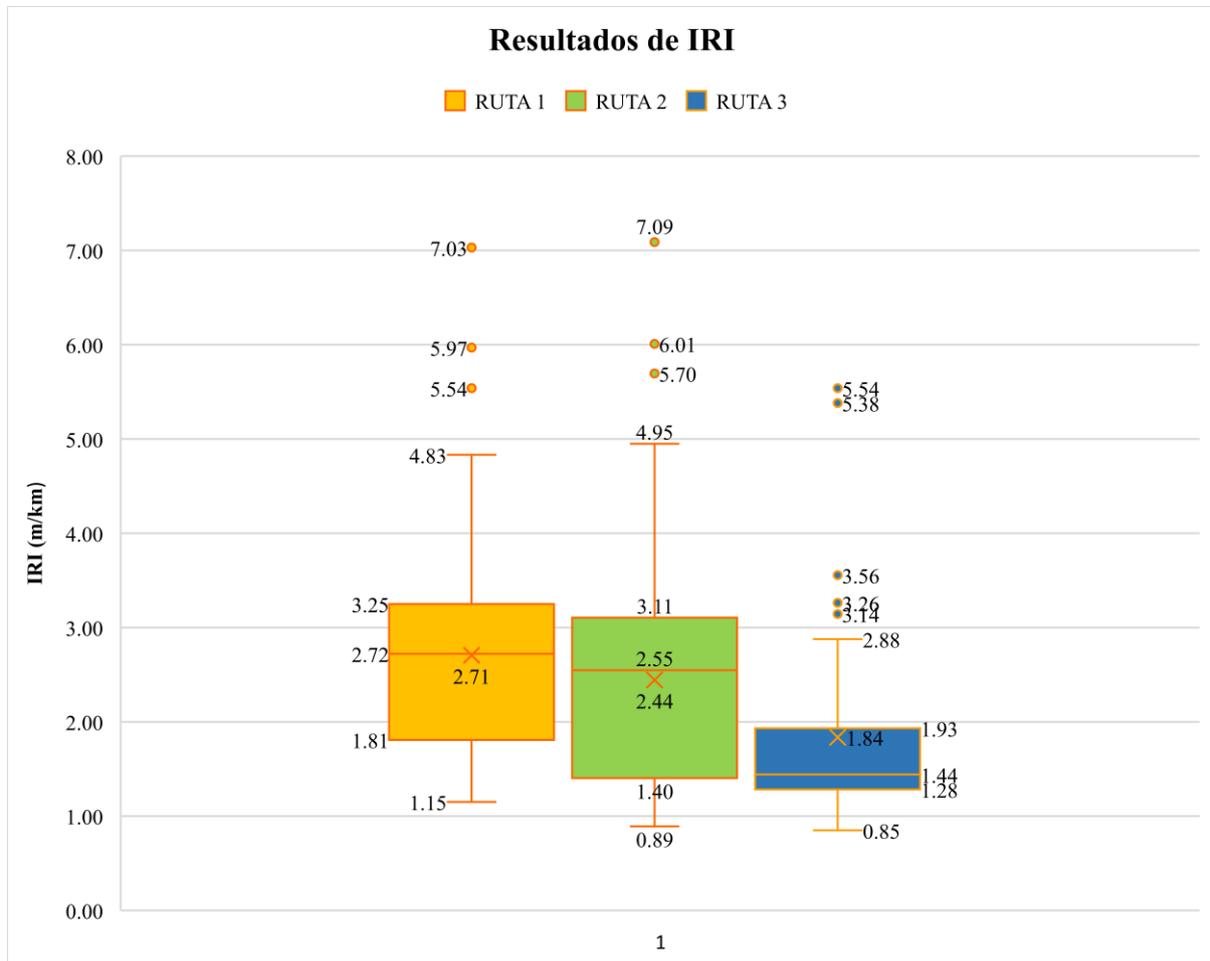


Figura 13

Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI), de las rutas 1, 2 y 3

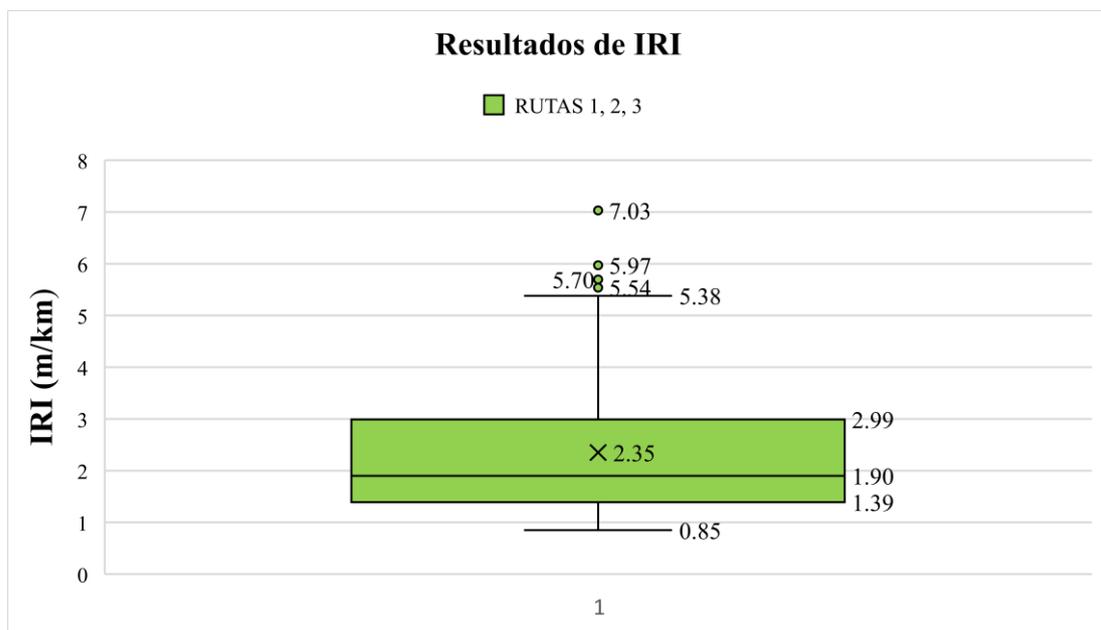


Al graficar los valores de IRI calculados en un diagrama de cajas y bigotes se puede observar un resumen de resultados como: valores máximos, mínimos, los cuartiles, media aritmética y los valores atípicos de cada una de las tres rutas, estos valores considerablemente altos de regularidades de IRI pertenecen a vías urbanas dentro del centro de la ciudad, las cuales son: las calles Olmedo, Juan Montalvo, Roca fuerte, Simón Bolívar y Amazonas, que se encuentran en estado deteriorado. Cabe destacar que en estas vías circulan los buses pertenecientes a las tres líneas.

En la Figura 14 se representa exclusivamente los resultados obtenidos de agrupación de datos de todas las rutas, graficadas en un solo diagrama, esto con la finalidad de obtener un único valor de IRI promedio de todas las rutas para posteriormente realizar un análisis de relación entre el costo de mantenimiento de los buses urbanos.

Figura 14

Resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI) combinado de las rutas 1, 2 y 3



En la tabla 12, se puede visualizar de una forma más evidente los resultados antes obtenidos en los diagramas, la cual dio una media aritmética de IRI de las tres rutas de 2.35 m/km, además se muestra el estado en la que se encuentran cada una de las rutas.

Tabla 12

Resumen de resultados de IRI y estado de las rutas

Ruta de buses	IRI (m/km)	Estado
Ruta 1	2.71	Bueno
Ruta 2	2.44	Muy Bueno
Ruta 3	1.84	Muy Bueno

Media Aritmética	2.35	Muy Bueno
-------------------------	-------------	------------------

4.1.2 Validación de las encuestas

Obtención de resultados en base a las encuestas realizadas tanto a los propietarios de los buses urbanos como a los mecánicos.

Tabla 13

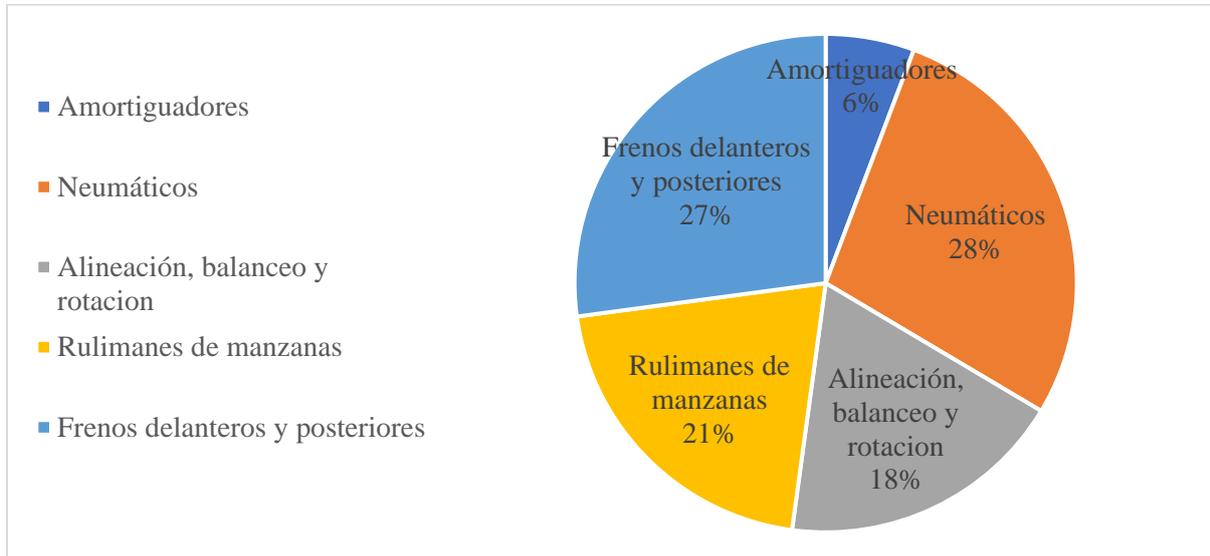
Número de encuestados

Encuestas realizadas		
Propietarios de la compañía de transporte Transguacamayos	u	17
Propietarios de la compañía de transporte Riopano	u	17
Mecánicos en reparación de transporte pesado	u	5
Total, de encuestados	u	39

En la figura 15 se presenta el resultado obtenido de la encuesta entre propietarios y mecánicos en base a la percepción que tienen los encuestados para determinar cuáles son los elementos o repuestos que mayormente se realiza el cambio. (Ver anexo 13,14)

Figura 15

Elementos o repuestos que mayormente requieren remplazo



Se puede evidenciar que los elementos o repuestos que mayormente son reemplazados son: neumáticos con un 28%, frenos delanteros y posteriores 27%, rulemanes de manzanas 21%, alineación-balanceo y rotación 18%, son los elementos que se realizan cambios durante un año de servicio de las unidades de transporte.

Para realizar la valoración del costo anual de mantenimiento que realizan los propietarios de los buses, se debe tomar en cuenta los kilómetros recorridos de un bus anualmente, la cual es producto de la multiplicación de los kilómetros recorridos de un bus en una semana por el número de semanas del año, ecuación tomada de (ANT, 2021).

Los valores obtenidos para efectuar la operación han sido calculados en base a los kilómetros y circuitos recorridos en promedio de un bus diariamente, (Ver anexo 12).

$$km_{año} = Z * s$$

$$km_{año} = 1\ 447.94 * 365/7 = 75\ 500.00\ km$$

Tabla 14

Costo anual de mantenimiento de los componentes con mayor recambio

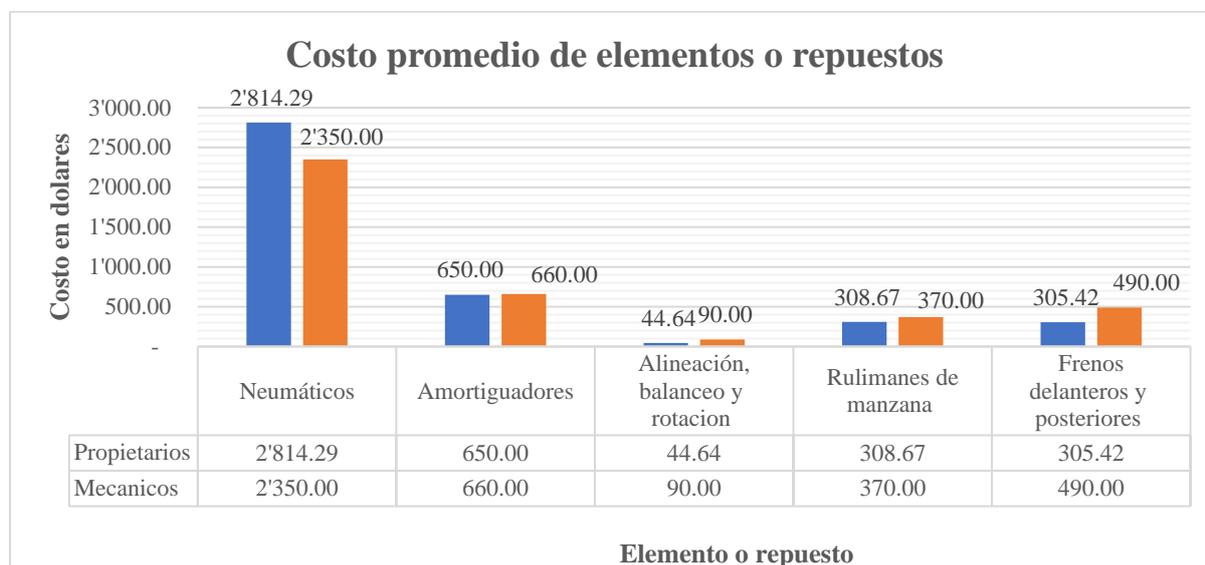
Rubros para los cambios	Costo Repuesto	Numero de Cambios al año	Intervalo de cambio (km)	Costo total por cambio al año
Neumáticos	2 814.29	1	75500.00	2 880.61
Amortiguadores	650.00	1	75500.00	650.00
Alineación, balanceo y rotación	44.64	1	75500.00	44.64
Rulimanes de manzana	308.67	1	75500.00	308.67
Frenos delanteros y posteriores	305.42	2	37750.00	610.84
			total	4 428.44

Los costos y el número de cambios de repuestos al año son datos promedios obtenidos en base a las encuestas realizadas, valores que sirven para el cálculo del intervalo y el costo total de cambios y finalmente obtener costo de manteniendo de un bus en un año.

En la figura 16 se evidencia la contrastación de información obtenida de los propietarios de buses y mecánicos de transporte pesado para la cual se ha realizado un análisis y procesamiento de datos de cada uno de los elementos o repuestos.

Figura 16

Resultados obtenidos de las encuestas



Cabe destacar que los valores comparados son iguales al promedio de los costos obtenidos, es decir el valor de la media aritmética.

Para tener mayor relevancia en el análisis de las encuestas se propone aplicar la metodología de correlación de Pearson entre los datos obtenidos en las encuestas de propietarios y mecánicos, con el afán de determinar la relación entre resultados.

Tabla 15

Correlación de Pearson entre resultados de encuesta de propietarios y mecánicos de buses urbanos

Elemento o repuesto	X (Costo del repuesto según propietarios)	Y (Costo del repuesto según mecánicos)	$(X - \bar{X})$	$(Y - \bar{Y})$	$(X - \bar{X}) * (Y - \bar{Y})$
Neumáticos	2 814.29	2 350.00	1.756	1.740	3.056
Amortiguadores	650.00	660.00	-0.154	-0.147	0.023

Alineación balanceo y rotación	44.64	90.00	-0.688	-0.784	0.540
Rulimanes de manzana	308.67	370.00	-0.455	-0.471	0.215
Frenos delanteros y posteriores	305.42	490.00	-0.458	-0.337	0.155
Promedio (\bar{X}), (\bar{Y})	824.602	792.00	$\sum (X - \bar{X}) * (Y - \bar{Y})$		3.987
Sx (desviación)		1132.851	σ_{XY}		1.994
Sy (desviación)		895.388	r		0.99

El coeficiente obtenido en Pearson es de 0.99, lo que se interpreta que existe una correlación lineal positiva entre el resultado de las encuestas realizadas, es decir que se encuentran relacionadas de forma directa.

La información obtenida se puede relacionar con un estudio realizado GAD municipal del Tena, es un organismo de control y regulación del transporte terrestre, encargado de la regulación de las tarifas para el servicio de transporte terrestre.

En la tabla 16, se muestra una relación entre propietarios y los datos obtenidos del “Estudio de tarifas del transporte público intracantonal combinado del cantón Tena”. (GAD TENA, 2023)

Tabla 16

Contraste de información con el estudio realizado por el GAD MUNICIPAL DEL TENA

	Propietarios	GAD MUNICIPAL TENA	Variación
N° de encuestados	34	-	
Relación de costos			
Neumáticos	2 814.29	2 700.00	4.23%
Amortiguadores	650.00	320.00	103.13%

Alineación, balanceo y rotación	44.64	70.00	36.22%
Rulimanes de manzana	308.67	400.00	22.83%
Frenos delanteros y posteriores	610.84	700.00	12.74%
Total	4 428.44	4 190.00	

En el contraste de información se puede verificar que existe variaciones en la relación de los costos obtenidos de propietarios y por GAD Municipal Tena, además se puede notar que el rubro de amortiguadores es el que más aumento presenta de un 103 % ya que el mismo está vinculado directamente con la Índice de Regularidad Superficial IRI.

Tabla 17

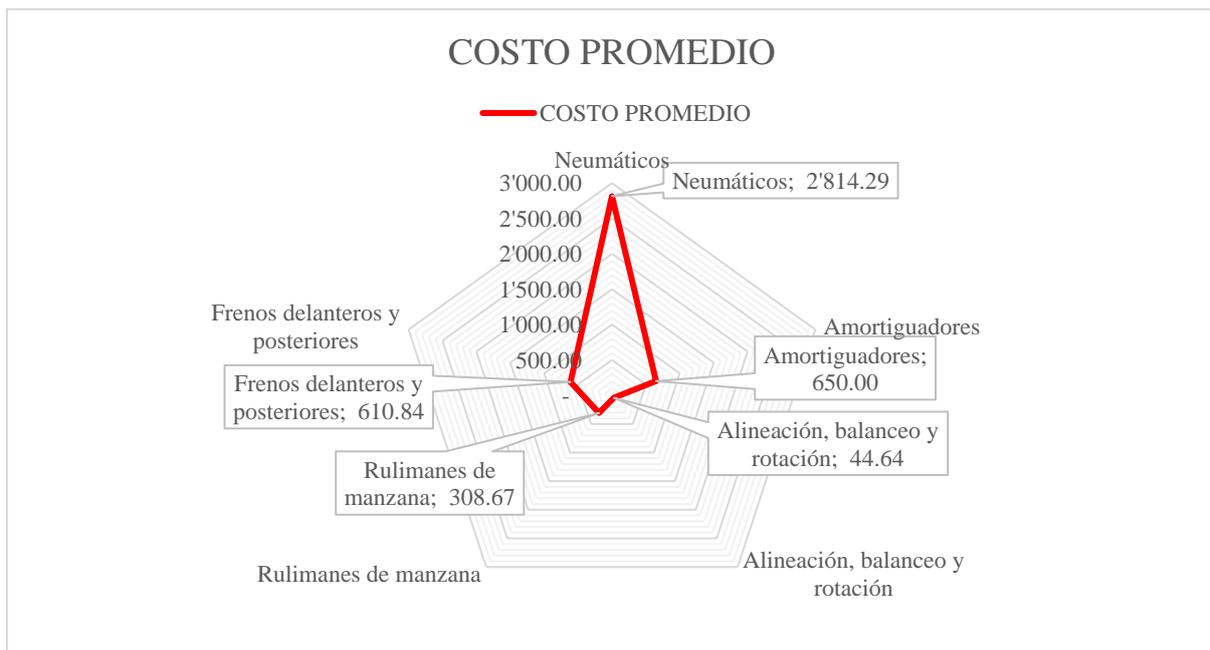
Análisis de la influencia del IRI vs costos

Elemento	IRI promedio	Costo promedio de una unidad	Costo total de todas las unidades
Neumáticos	2.35	2 814.29	95 060.00
Amortiguadores	2.35	650.00	7 780.00
Alineación, balanceo y rotación	2.35	44.64	1 325.00
Rulimanes de manzanas	2.35	308.67	7 980.00
Frenos delanteros y posteriores	2.35	610.84	21 780.00
Total		4 428.44	133 995.00

En la tabla se representa la influencia del indicador IRI obtenido un valor promedio 2.35, además se puede visualizar el costo promedio de una unidad de bus, obteniendo los resultados de cada componente y procesando los datos de costo total.

Figura 17

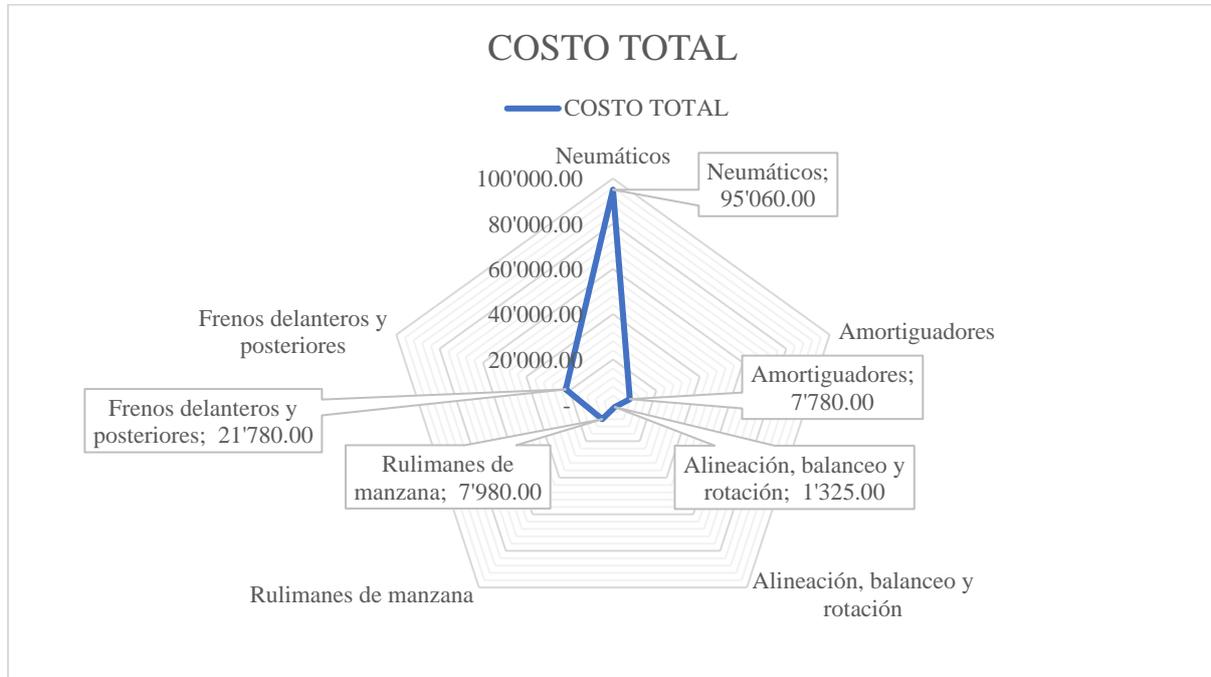
Costos promedios de mantenimientos de los buses urbanos.



En la gráfica se puede visualizar que el costo promedio de los neumáticos influye más que los demás elementos o repuestos, determinando que los usuarios o propietarios asumen que el componente es el más costoso.

Figura 18

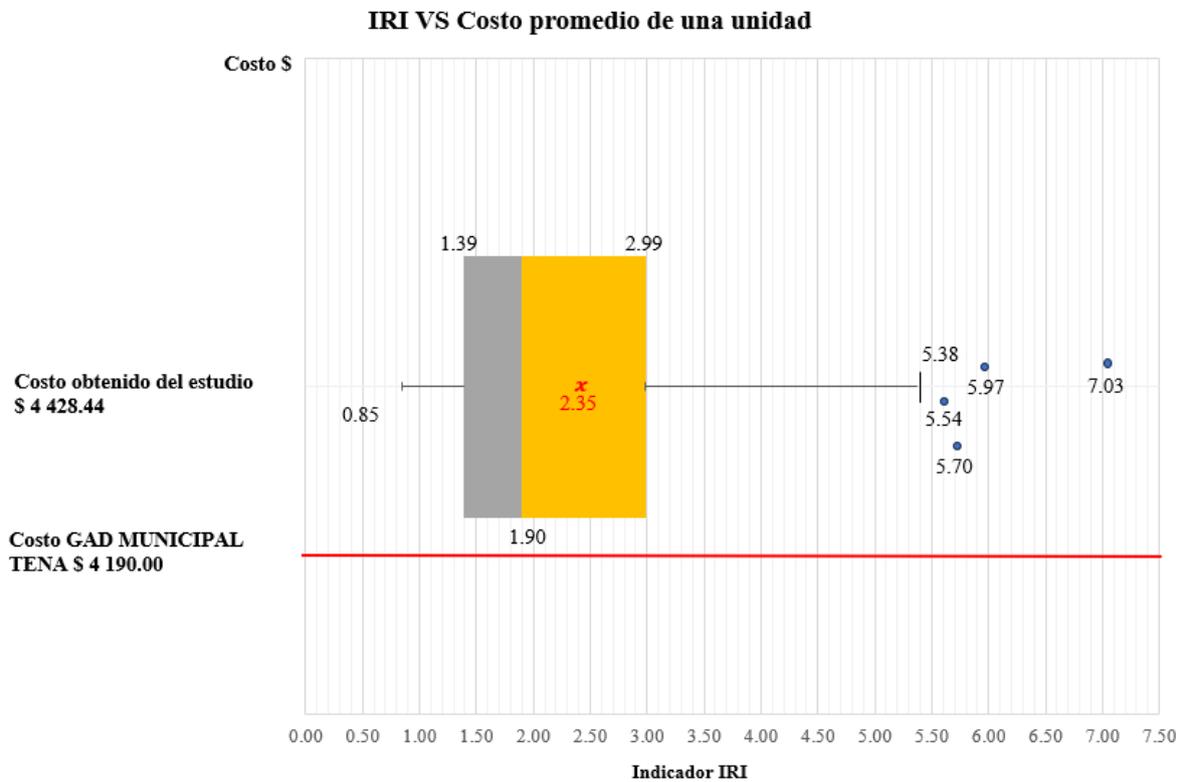
Costos totales de mantenimiento de los buses urbanos.



En la gráfica se puede visualizar que el costo total de los neumáticos influye más que los demás elementos o repuestos, determinando que las compañías de transporte invierten en neumáticos 95 060.00 dólares.

Figura 19

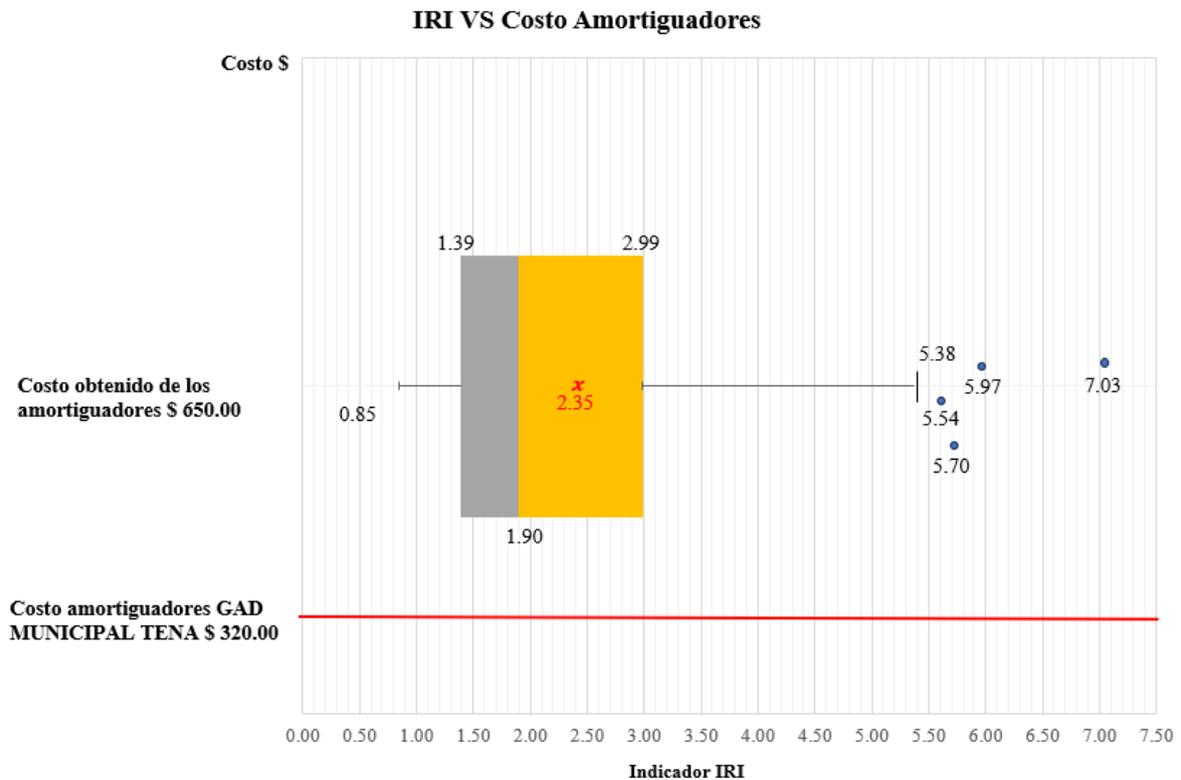
Índice de Regularidad Internacional (IRI) vs costo de mantenimiento promedio.



En la correlación del costo de mantenimiento y el IRI se puede apreciar que existe una variación de precios de \$ 238.44 con el dato obtenido en el proyecto y el valor del estudio realizado por el GAD Municipal del Tena, puesto que la regularidad IRI si afecta en cierta medida a costo de mantenimiento.

Figura 20

Índice de Regularidad Internacional (IRI) vs costo de mantenimiento de amortiguadores.



Anteriormente se había evidenciado una gran variedad de los costos de mantenimiento de amortiguadores, presentando una diferencia de \$ 330 dólares, ya que los mismos según investigaciones realizadas son los componentes que mayormente se desgastan por la regularidad de las vías.

4.3 Discusión

Las vías de las rutas en donde se realizó el ensayo constaron de tres tipos de materiales: pavimento flexible, pavimento rígido y adoquín, de ellas, las vías con pavimento flexible se encontraban en mejores condiciones.

Es importante mencionar que el Índice de Regularidad Internacional (IRI) se lo realizó a través de las mediciones con el rugosímetro de Merlín, mientras que los costos de

mantenimiento se obtuvieron mediante las encuestas dirigidas a propietarios y mecánicos, para lo cual se aplicó la metodología del coeficiente de correlación de Pearson para comprobar las similitudes de los valores.

Luego de aplicar la metodología de correlación de Pearson para comparar los resultados obtenidas en las encuestas realizadas a los propietarios de buses urbanos versus los realizados a los mecánicos de transporte pesado, se obtuvo que los resultados de estos se encuentran relacionadas de forma directa.

Los datos obtenidos en las encuestas se contrastaron con valores del estudio realizado en el cantón Tena denominado “Estudio de tarifas de transporte publico intracantonal combinado del cantón Tena” el cual está realizada en condiciones ideales de las vías, mismas que presentan variaciones en el costo de los mantenimientos, pudiendo determinar que la regularidad de las vías si afecta al costo de mantenimiento de un autobús.

Se determino un IRI promedio de todas las rutas y se relacionó con los costos de mantenimiento obtenida de los usuarios, ya que no se pudo determinar los costos individuales por cada línea de autobús y verificar si existía variaciones en función de los IRI pertenecientes a cada ruta, puesto que los buses realizan rotaciones diariamente entre las dos compañías para cubrir las tres rutas y de esta forma los valores de los costos no serían precisos.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La gran mayoría de las vías pertenecientes a las rutas de circulación de los buses urbanos se encuentran en buen estado, dando valores de IRI en su mayoría que van desde 1 a 2.5, con un promedio total de todas las rutas de 2.35 m/km, valor que corresponde a una categoría de calificación Muy Buena según la clasificación INVIAS; exceptuando ciertas vías del centro de la ciudad del Tena, ya que cuenta con valores de IRI que van desde 4 hasta 7 m/km y pertenecen a categorías de clasificación Malo y Muy Malo, esto producto de que no se han realizado un debido mantenimiento, conteniendo varios tipos de irregularidades como depresiones y elevaciones en la calzada

El recambio de los elementos que mayor se deterioran en un bus están directamente vinculadas con la regularidad de la vía y la cantidad de kilómetros recorridos, puesto que de ello depende el número de mantenimientos al año que se realizan a un bus y el costo que debe invertir anualmente un propietario en refacciones, según los resultados obtenidos, un propietario de una cooperativa de bus urbano del cantón Tena gasta un total de 4 428.44 dólares cada año en las refacciones de los elementos estudiados.

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson se demostró que existe una relación fuerte entre las variables de 0.99 al contrastar los datos de costos de mantenimientos obtenidos en las encuestas realizadas a propietarios y mecánicos, de igual forma estos datos fueron comparados con valores de un estudio realizado por el GAD municipal del Tena, evidenciando que las variables están relacionadas y se encuentran dentro del rango de los precios.

En la correlación del IRI vs costos de mantenimiento de los buses, se puede concluir que si existe afectación de la regularidad de las vías en el mantenimiento, ya que en nuestro proyecto se determinó un costo de \$ 4 428.44 que un propietario invierte en refacciones,

tomando en comparación los valores del estudio del GAD Municipal, el cual da un valor de mantenimiento de \$ 4 190.00, valor determinado en condiciones ideales de las vías, se puede notar que existe un aumento de \$ 238.44 dólares, además el rubro de mayor aumento de costo son los amortiguadores, elementos que están vinculadas directamente con la regularidad de las vías, puesto que existe una variación de costo de mantenimientos de \$ 650 y \$ 320, datos del estudio y el GAD Municipal respectivamente.

5.2 Recomendaciones

Para futuros trabajos de investigación se recomienda realizar estudios en vías que se encuentren con diferentes tipos de irregularidades y determinar si existen variaciones en el costo de mantenimiento de los elementos o refacciones estudiadas de los buses, en comparación a los costos obtenidos en el cantón Tena.

Se recomienda ampliar el rango de las investigaciones, realizando ensayos en vías donde circulen varios tipos de vehículos, livianos y pesados, de igual forma determinar la correlación entre el costo de mantenimiento y el IRI.

Se pudo apreciar que los deterioros que presentaron las vías en ciertas abscisas se deben principalmente por el alto volumen de tráfico y falta de mantenimiento, por lo cual se recomienda para futuras investigaciones medir la influencia del tráfico en el deterioro de las vías.

BIBLIOGRAFÍA

- Águila, P. (1993). *Manual de Usuario - MERLÍN EQUIPO PARA RUGOSIDAD*.
- ANT. (2021). MTOP_Metodología para la fijación de tarifas para el Transporte Público de Pasajeros en el Ambito Intracantonal Urbano. *Agencia Nacional de Tránsito*.
- Arízaga, F., & Játiva, S. (2016). *Análisis de la correlación de la evaluación del desempeño laboral por competencias y la evaluación del potencial con información recopilada por una empresa consultora*. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/11230>
- Burgos, A., & Adolfo, G. (2022). *Evaluación funcional del pavimento de la vía a Noboa en el acceso oriental de la ciudad de Jipijapa-Provincia de Manabí, desde la abscisa 0+000 hasta 1+000*. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3482>
- Castro, M., Castro, L., & Castro, P. (2020). Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido. *Polo del Conocimiento*, 5(9), 640–663. <https://doi.org/10.23857/PC.V5I9.1717>
- Chiriboga, P., & Xavier, H. (2013). *Diseño y simulación de un sistema de costos de mantenimiento en el modelo de caja común*. <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4808>
- Colcha, V., & Saldaña, C. (2022). *Aplicación del método PSI y modelo Servqual para la valoración técnica de las vías de segundo orden del cantón Guano*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8998>
- De La Cruz, S., Ibañez, C., & Coaquira, D. (2022). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 67–75. <https://doi.org/10.15517/IV.V24I43.48563>

- del Valle, A., Teran, J., & Carrion, F. (2000). *Efecto de la rugosidad de las Carreteras en el Daño a Vehículos*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/281865731_Efecto_de_la_rugosidad_de_las_Carreteras_en_el_Dano_a_Vehiculos
- Díaz, P., Ramírez, D., & Sánchez, J. (2021). Estudio de la correlación del índice de estado “IRI” Índice de Rugosidad Internacional, respecto de la Capacidad Estructural del pavimento, específicamente con los cuencos de deflexión para Concesiones de Cuarta Generación “4G”. *UNIVERSIDAD SANTO TOMAS*, 7(1), 343–354. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- GAD TENA. (2023). *Estudio de tarifas del transporte público intracantonal combinado del cantón Tena*.
- Gómez, J., Serna, C., & Arango, M. (2016). MODELO DE EVALUACIÓN DINÁMICA DE LA CALIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE CORREDORES LOGÍSTICOS EN COLOMBIA. *Revista EIA*, 25, 135–145. <https://doi.org/10.14508/reia.2016.13.25.135-145>
- Gonzáles, L., & Quitian, J. (2016). Determinación del índice de rugosidad internacional de la malla vial de Bogotá. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5273>
- Gutiérrez, R., & Quispetupa, D. (2019). Tratamiento con estabilizadores para mejorar el desempeño del afirmado de la ruta AP-830 (km 0+000-km 12+000), distrito Cerca-Apurímac, 2017. *Universidad Tecnológica de los Andes*. <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/254>
- Limay, T., & Cubas, A. (2021). Análisis de índice de rugosidad internacional (IRI) de la superficie del pavimento flexible de la vía Cajamarca - Baños del Inca, utilizando el

rugosímetro de Merlin. *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4366>

Manuel, F., & Coronado, J. (2018). "Gestión de mantenimiento vial y su influencia en la satisfacción del usuario de la carretera Shapaja - Chazuta, 2018". *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26015>

Montoya, J. (2013). Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú. *Universidad de Piura*. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1967>

Ochoa, I. (2018). *Diseño e informatización de un plan de mantenimiento preventivo para los vehículos de la empresa conducir*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2183.4720>

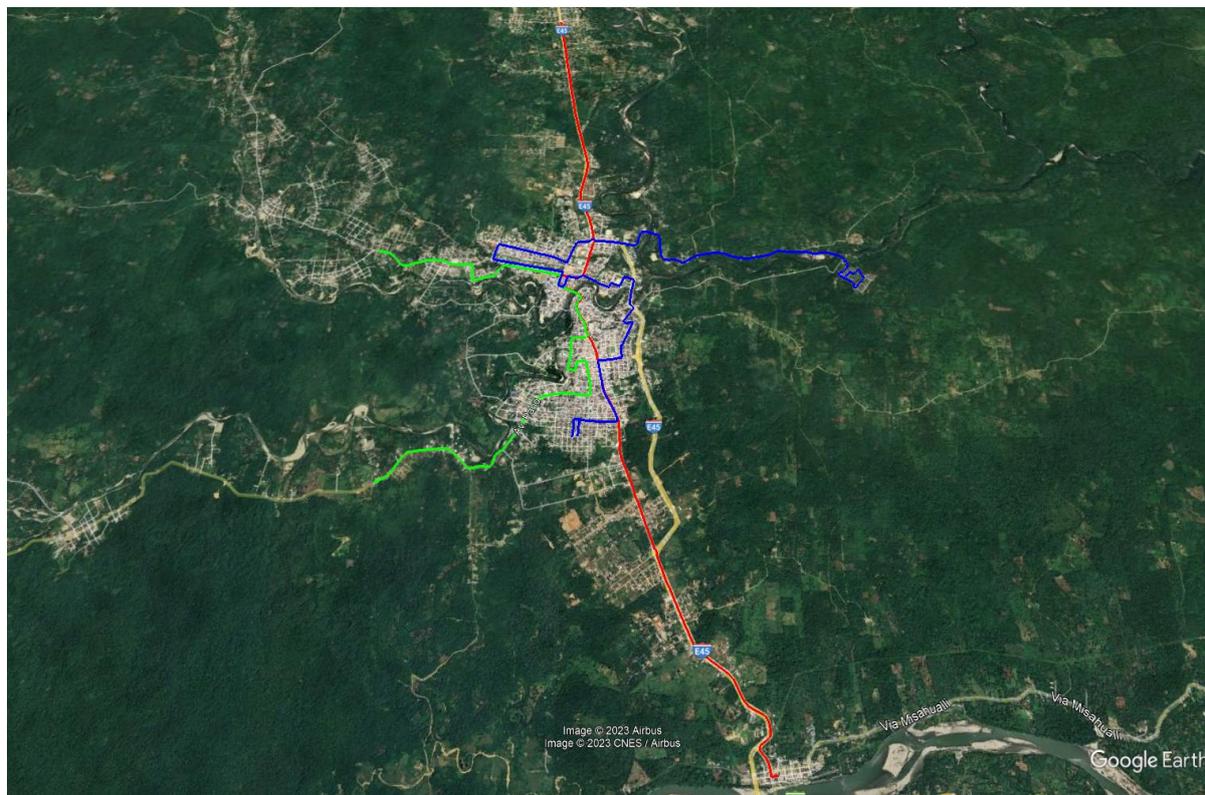
Ortiz, M. (2016). *Transporte urbano y accesibilidad: una dimensión para generar calidad de vida en San José de Morán, Quito 2011 - 2013*.
<http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/10781>

Pía, M., & Raygada, M. (2020). Procedimiento para determinar el Índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura. *Universidad de Piura*.
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4781>

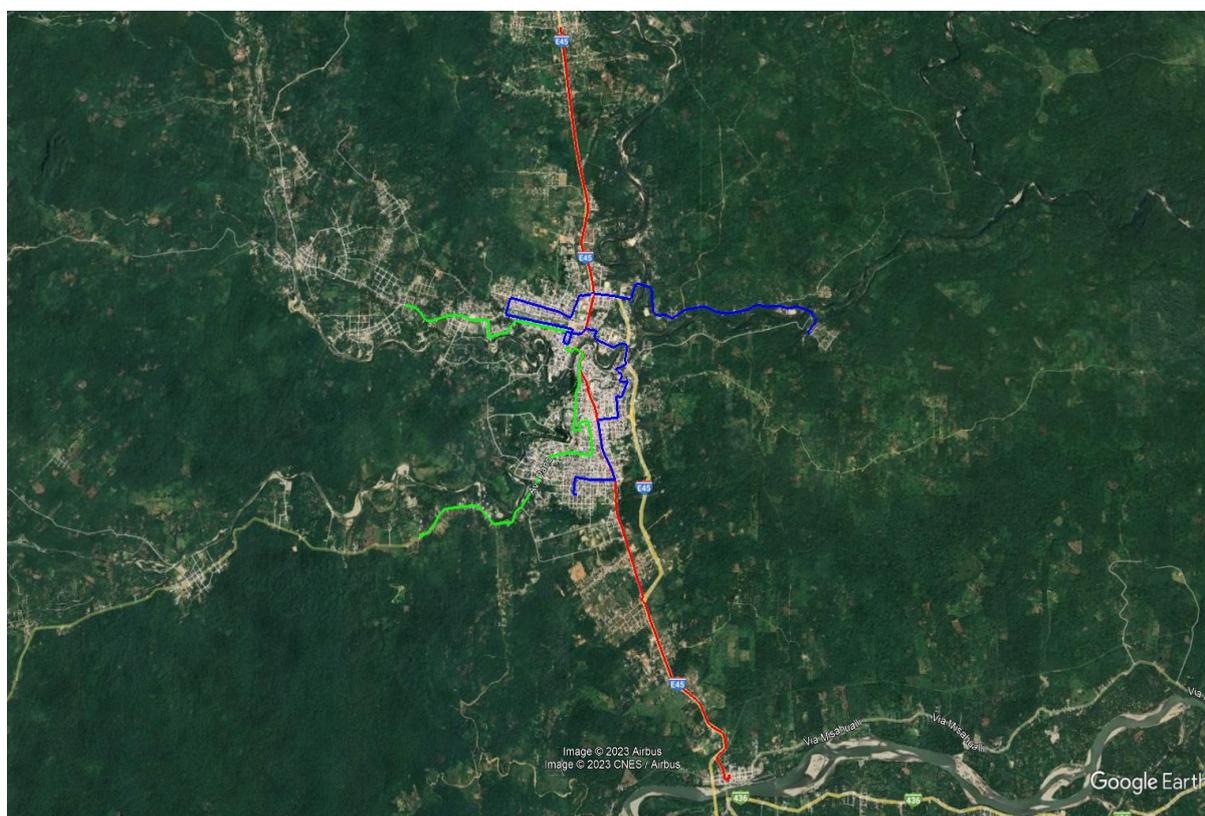
Ruiz, F., & Lisandro, C. (2021). Correlación del estado de conservación funcional y estructural del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, tramo (ida y vuelta): Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza, en el distrito de Comas, ciudad de Lima, en el año 2019. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26381>

ANEXOS

Anexo 1 Mapa del recorrido de las rutas 1, 2 y 3 del carril derecho en el cantón Tena.



Anexo 2 Mapa del recorrido de las rutas 1, 2 y 3 del carril izquierdo en el cantón Tena.



Anexo 3 Evidencia fotográfica del ensayo realizado en campo con el rugosímetro de Merlín.



Foto 1 Ensayo de regularidad en la C. Teniente Hugo Ortiz de la ruta 1



Foto 2 Ensayo de regularidad en la Av. 15 de Noviembre (Ciudad Tena) de la ruta 1



Foto 3 Ensayo de regularidad en la Av. Pano de la ruta 2



Foto 4 Ensayo de regularidad en la Av. Muyuna de la ruta 2



Foto 5 Ensayo de regularidad en la vía Sexta Transversal de la ruta 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EVALUACIÓN
SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO HOJA DE CAMPO



Proyecto: Incidencia del estado de la vía en el costo de mantenimiento de los buses urbanos del cantón Tena
Sector: Puerto Napo **Carril:** Derecho
Nombre de la vía: C. Teniente Hugo Ortiz **Operador:** Cristyan Vaca
Tramo: 0+000 – 0+400 **Fecha:** 10/04/2023

Ensayo N° **Km** **Hora**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Tipo de Pavimento
1	31	30	30	28	28	27	28	27	27	24		Afirmado <input type="checkbox"/>
2	28	25	30	31	27	32	30	26	28	28		Base Granular <input type="checkbox"/>
3	35	29	28	32	27	26	27	27	27	29		Base Imprimida <input type="checkbox"/>
4	25	30	27	30	29	27	29	30	32	29		Tratamiento Bicapa <input type="checkbox"/>
5	27	26	27	27	32	30	29	28	28	31		Carpeta en frío <input type="checkbox"/>
6	26	31	28	25	26	27	27	31	31	29		Carpeta en caliente <input checked="" type="checkbox"/>
7	32	25	27	29	25	28	27	33	27	30		Recapeo Asfaltico <input type="checkbox"/>
8	28	27	28	35	25	29	28	35	27	29		Sello <input type="checkbox"/>
9	29	26	30	28	28	28	26	26	24	28		Otros <input type="checkbox"/>
10	27	28	31	29	27	29	28	25	28	28		
11	28	32	27	25	26	27	27	28	29	24		
12	26	27	26	28	27	29	26	30	31	28		
13	29	32	26	33	25	30	29	28	31	29		
14	30	25	30	33	28	29	29	27	26	30		
15	30	28	28	25	29	27	30	28	26	28		
16	29	27	29	22	26	29	30	29	31	27		
17	27	27	24	27	26	27	27	27	32	28		
18	25	31	29	32	23	27	25	26	32	28		
19	26	28	29	26	26	31	24	29	28	29		
20	25	24	25	30	26	28	26	27	22	28		

Observaciones:

Anexo 5 Análisis de desviación de recorrido de los buses en las rutas 1, 2 y 3.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
ANÁLISIS DE DESVIACION D

Nombre de la ruta: Ruta 1, 2 y 3

Tipo de Superficie: Pavimento Flexible, Adoquinado y Pavimento Rígido

Evaluado por: Miguel Guaman

RUTA	Nº Buses	Desvió de Ruta- Salida (Km)	Desvió de Ruta- Retorno (Km)	Total, Desvío (Km)	Total Desvío (%)
RUTA 1	1	4.6	4.6	9.2	3.97%
	2	4	4	8	3.45%
	3	0.8	0.8	1.6	0.69%
	4	0.4	0.4	0.8	0.34%
	5	6.5	6.5	13	5.60%
	6	4.8	4.8	9.6	4.14%
	7	2	2	4	1.72%
	8	4.1	4.1	8.2	3.53%
	9	5.5	5.5	11	4.74%
	10	3	3	6	2.59%
	11	4.5	4.5	9	3.88%
	12	2.5	2.5	5	2.16%
	13	5	5	10	4.31%
	14	3.5	3.5	7	3.02%
	15	0.2	0.2	0.4	0.17%
	16	6	6	12	5.17%
	17	0.5	0.5	1	0.43%
Total		57.9	57.9	115.8	2.94%
Promedio Total Desvío				6.81	2.94%

RUTA	Nº Buses	Desvío de Ruta- Salida (Km)	Desvío de Ruta- Retorno (Km)	Total Desvío (Km)	Total Desvío (%)
RUTA 2	1	7	7	14	6.03%
	2	6	6	12	5.17%
	3	7.5	7.5	15	6.47%
	4	0.2	0.2	0.4	0.17%
	5	6.5	6.5	13	5.60%

	6	8	8	16	6.90%
	7	7.5	7.5	15	6.47%
	8	6	6	12	5.17%
	9	7	7	14	6.03%
	10	0.5	0.5	1	0.43%
	11	5.5	5.5	11	4.74%
	12	7	7	14	6.03%
	13	5	5	10	4.31%
	14	0.4	0.4	0.8	0.34%
Total		74.1	74.1	148.2	6.19%

Promedio Total		10.59	4.56%
Desvío			

RUTA	Nº Buses	Desvío de Ruta-Salida (Km)	Desvío de Ruta-Retorno (Km)	Total Desvío (Km)	Total, Desvío (%)
RUTA 3	1	0.5	0.5	1	0.43%
	2	1	1	2	0.86%
	3	0.4	0.4	0.8	0.34%
	4	1.5	1.5	3	1.29%
Total		3.4	3.4	6.8	0.98%
Promedio Total				1.70	0.73%
Desvío					

Los kilómetros de desviación sumados de todos los buses de cada línea (ruta 1, 2 y 3) dan un total de 115.8 km, 148.2 km y 6.8 km de desviación respectivamente, de igual forma por cada línea resulta 6.81 km, 10.59 km y 6.80 km de promedio de recorrido por cada bus y del 2.94%, 4.56% y 0.73% de desviación respecto a la distancia total de cada una de las tres rutas.

Anexo 6 Categorías del estado del IRI en el carril derecho de la Ruta 1

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)		
Nombre de la ruta:	Ruta 1	
Tipo de Superficie:	Pavimento Flexible, Adoquinado y Pavimento Rígido	
Carril:	Derecho	

Evaluado por: Miguel Guaman

Nº	Abscisa	Rango "D" (U)	Rango "D" (mm)	IRI (m/km)	Situación
1	[0.0-0.4]	7.53	37.67	1.83	Muy Bueno
2	[0.4-0.8]	7.78	38.89	1.89	Muy Bueno
3	[0.8-1.2]	7.83	39.17	1.90	Muy Bueno
4	[1.2-1.6]	4.85	24.23	1.17	Muy Bueno
5	[1.6-2.0]	5.56	27.78	1.35	Muy Bueno
6	[2.0-2.4]	5.83	29.13	1.41	Muy Bueno
7	[2.4-2.8]	5.47	27.33	1.33	Muy Bueno
8	[2.8-3.2]	4.74	23.71	1.15	Muy Bueno
9	[3.2-3.6]	6.00	30.00	1.46	Muy Bueno
10	[3.6-4.0]	6.32	31.61	1.53	Muy Bueno
11	[4.0-4.4]	6.20	30.98	1.50	Muy Bueno
12	[4.4-4.8]	8.50	42.50	2.59	Bueno
13	[4.8-5.2]	8.14	40.69	2.51	Bueno
14	[5.2-5.6]	9.36	46.81	2.80	Bueno
15	[5.6-6.0]	8.36	41.79	2.56	Bueno
16	[6.0-6.4]	13.00	65.00	3.65	Regular
17	[6.4-6.8]	22.83	114.17	5.97	Muy Malo
18	[6.8-7.2]	18.00	90.00	4.83	Malo
19	[7.2-7.6]	9.71	48.54	2.88	Bueno
20	[7.6-8.0]	8.31	41.57	2.55	Bueno
21	[8.0-8.4]	8.47	42.33	2.59	Bueno
22	[8.4-8.8]	8.19	40.95	2.52	Bueno
23	[8.8-9.2]	10.90	54.50	3.16	Bueno
24	[9.2-9.6]	10.50	52.50	3.07	Bueno
25	[9.6-10]	11.26	56.31	3.25	Bueno
26	[10-10.4]	9.95	49.75	2.94	Bueno
27	[10.4-10.8]	12.58	62.92	3.56	Regular
28	[10.8-11.2]	10.63	53.13	3.10	Bueno
29	[11.2-11.6]	12.43	62.14	3.52	Regular
30	[11.6-12.0]	9.30	46.48	2.78	Bueno
31	[12.0-12.4]	10.10	50.50	2.97	Bueno
32	[12.4-12.8]	8.92	44.58	2.69	Bueno
33	[12.8-13.2]	7.54	37.71	1.83	Muy Bueno
34	[13.2-13.6]	7.38	36.89	1.79	Muy Bueno
35	[13.6-14.0]	9.04	45.21	2.72	Bueno
36	[14.0-14.4]	9.95	61.88	3.51	Regular

El carril derecho de la ruta 1 tiene un valor de IRI = 2.58 m/km equivalente a un estado de serviciabilidad "Bueno"

Anexo 7 Categorías del estado del IRI en el carril izquierdo de la Ruta 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Nombre de la ruta: Ruta 1

Tipo de Superficie: Pavimento Flexible, Adoquinado y Pavimento

Rígido

Carril: Izquierdo

Evaluado por: Miguel Guaman

Nº	Abscisa	Rango "D" (U)	Rango "D" (mm)	IRI (m/km)	Situación
1	[0.0-0.4]	12.75	63.75	3.60	Regular
2	[0.4-0.8]	12.50	62.50	3.54	Regular
3	[0.8-1.2]	10.57	52.86	3.08	Bueno
4	[1.2-1.6]	8.73	43.64	2.65	Bueno
5	[1.6-2.0]	9.28	46.38	2.78	Bueno
6	[2.0-2.4]	10.05	50.24	2.96	Bueno
7	[2.4-2.8]	10.55	52.75	3.08	Bueno
8	[2.8-3.2]	12.37	61.86	3.51	Regular
9	[3.2-3.6]	11.51	57.57	3.30	Bueno
10	[3.6-4.0]	13.42	67.08	3.75	Regular
11	[4.0-4.4]	12.57	62.86	3.55	Regular
12	[4.4-4.8]	13.00	65.00	3.65	Regular
13	[4.8-5.2]	11.30	56.50	3.25	Bueno
14	[5.2-5.6]	12.75	63.75	3.60	Regular
15	[5.6-6.0]	9.80	49.00	2.90	Bueno
16	[6.0-6.4]	9.83	49.17	2.91	Bueno
17	[6.4-6.8]	9.07	45.33	2.73	Bueno
18	[6.8-7.2]	10.63	53.13	3.10	Bueno
19	[7.2-7.6]	21.00	105.00	5.54	Muy Malo
20	[7.6-8.0]	27.33	136.67	7.03	Muy Malo
21	[8.0-8.4]	13.00	65.00	3.65	Regular
22	[8.4-8.8]	9.08	45.42	2.73	Bueno
23	[8.8-9.2]	8.63	43.13	2.62	Bueno
24	[9.2-9.6]	8.25	41.25	2.54	Bueno

25	[9.6-10]	9.00	45.00	2.71	Bueno
26	[10-10.4]	7.39	36.93	1.79	Muy Bueno
27	[10.4-10.8]	6.60	33.00	1.60	Muy Bueno
28	[10.8-11.2]	5.44	27.18	1.32	Muy Bueno
29	[11.2-11.6]	7.04	35.22	1.71	Muy Bueno
30	[11.6-12.0]	6.63	33.14	1.61	Muy Bueno
31	[12.0-12.4]	7.55	37.75	1.83	Muy Bueno
32	[12.4-12.8]	7.35	36.73	1.78	Muy Bueno
33	[12.8-13.2]	7.78	38.91	1.89	Muy Bueno
34	[13.2-13.6]	7.38	36.90	1.79	Muy Bueno
35	[13.6-14.0]	7.56	37.78	1.83	Muy Bueno
36	[14.0-14.4]	6.42	32.11	1.56	Muy Bueno
37	[14.4-14.6]	5.49	27.44	1.33	Muy Bueno

El carril izquierdo de la ruta 1 tiene un valor de IRI = 2.83 m/km equivalente a un estado de serviciabilidad "Bueno"

Anexo 8 Categorías del estado del IRI en el carril derecho de la Ruta 2

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)					
Nombre de la ruta:	Ruta 2				
Tipo de Superficie:	Pavimento Flexible y Adoquinado				
Carril:	Derecho				
Evaluado por:	Miguel Guaman				
Nº	Abscisa	Rango "D" (U)	Rango "D" (mm)	IRI (m/km)	Situación
1	[0.0-0.4]	5.35	26.77	1.30	Muy Bueno
2	[0.4-0.8]	4.64	23.19	1.12	Muy Bueno
3	[0.8-1.2]	5.86	29.29	1.42	Muy Bueno
4	[1.2-1.6]	4.50	22.50	1.09	Muy Bueno
5	[1.6-2.0]	4.32	21.62	1.05	Muy Bueno
6	[2.0-2.4]	4.54	22.71	1.10	Muy Bueno
7	[2.4-2.8]	4.63	23.17	1.12	Muy Bueno
8	[2.8-3.2]	5.14	25.70	1.25	Muy Bueno

9	[3.2-3.6]	5.52	27.62	1.34	Muy Bueno
10	[3.6-4.0]	4.27	21.36	1.04	Muy Bueno
11	[4.0-4.4]	5.32	26.62	1.29	Muy Bueno
12	[4.4-4.8]	3.68	18.38	0.89	Muy Bueno
13	[4.8-5.2]	5.10	25.50	1.24	Muy Bueno
14	[5.2-5.6]	6.14	30.68	1.49	Muy Bueno
15	[5.6-6.0]	7.58	37.90	1.84	Muy Bueno
16	[6.0-6.4]	9.83	49.17	2.91	Bueno
17	[6.4-6.8]	9.88	49.38	2.92	Bueno
18	[6.8-7.2]	9.67	48.33	2.87	Bueno
19	[7.2-7.6]	9.25	46.25	2.77	Bueno
20	[7.6-8.0]	9.46	47.29	2.82	Bueno
21	[8.0-8.4]	11.55	57.73	3.31	Bueno
22	[8.4-8.8]	10.29	51.43	3.02	Bueno
23	[8.8-9.2]	23.00	115.00	2.67	Bueno
24	[9.2-9.6]	11.30	56.50	3.25	Bueno
25	[9.6-10]	21.67	108.33	5.70	Muy Malo
26	[10-10.4]	23.00	115.00	6.01	Muy Malo
27	[10.4-10.8]	17.40	87.00	4.69	Malo
28	[10.8-11.2]	12.39	61.97	3.51	Regular
29	[11.2-11.6]	12.44	62.22	3.52	Regular
30	[11.6-12.0]	9.50	47.50	2.83	Bueno
31	[12.0-12.4]	10.83	54.17	3.14	Bueno
32	[12.4-12.8]	10.67	53.33	3.11	Bueno
33	[12.8-13.0]	6.67	33.33	1.62	Muy Bueno

El carril derecho de la ruta 2 tiene un valor de IRI = 2.40 m/km equivalente a un estado de serviciabilidad “Muy Bueno”

Anexo 9 Categorías del estado del IRI en el carril izquierdo de la Ruta 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Nombre de la ruta: Ruta 2

Tipo de Superficie: Pavimento Flexible y Adoquinado

Carril: Izquierdo
Evaluado por: Miguel Guaman

Nº	Abscisa	Rango "D" (U)	Rango "D" (mm)	IRI (m/km)	Situación
1	[0.0-0.4]	8.63	43.17	2.63	Bueno
2	[0.4-0.8]	9.70	48.50	2.88	Bueno
3	[0.8-1.2]	9.90	49.50	2.92	Bueno
4	[1.2-1.6]	8.96	44.82	2.70	Bueno
5	[1.6-2.0]	12.50	62.50	3.54	Regular
6	[2.0-2.4]	12.67	63.33	3.58	Regular
7	[2.4-2.8]	18.50	92.50	4.95	Malo
8	[2.8-3.2]	18.33	91.67	4.91	Malo
9	[3.2-3.6]	27.58	137.92	7.09	Muy Malo
10	[3.6-4.0]	13.88	69.38	3.86	Regular
11	[4.0-4.4]	12.50	62.50	3.54	Regular
12	[4.4-4.8]	9.63	48.13	2.86	Bueno
13	[4.8-5.2]	11.03	55.17	3.19	Bueno
14	[5.2-5.6]	10.46	52.29	3.06	Bueno
15	[5.6-6.0]	10.18	50.88	2.99	Bueno
16	[6.0-6.4]	8.30	41.50	2.55	Bueno
17	[6.4-6.8]	8.91	44.57	2.69	Bueno
18	[6.8-7.2]	6.72	33.62	1.63	Muy Bueno
19	[7.2-7.6]	6.88	34.38	1.67	Muy Bueno
20	[7.6-8.0]	6.55	32.74	1.59	Muy Bueno
21	[8.0-8.4]	3.68	18.38	0.89	Muy Bueno
22	[8.4-8.8]	6.00	30.00	1.46	Muy Bueno
23	[8.8-9.2]	6.33	31.67	1.54	Muy Bueno
24	[9.2-9.6]	6.11	30.56	1.48	Muy Bueno
25	[9.6-10]	5.82	29.09	1.41	Muy Bueno
26	[10-10.4]	6.00	30.00	1.46	Muy Bueno
27	[10.4-10.8]	5.79	28.93	1.40	Muy Bueno
28	[10.8-11.2]	5.53	27.63	1.34	Muy Bueno
29	[11.2-11.6]	5.23	26.17	1.27	Muy Bueno
30	[11.6-12.0]	6.36	31.81	1.54	Muy Bueno
31	[12.0-12.4]	5.24	26.20	1.27	Muy Bueno
32	[12.4-12.8]	5.99	29.97	1.45	Muy Bueno
33	[12.8-13.2]	6.52	32.60	1.58	Muy Bueno
34	[13.2-13.320]	6.50	32.50	1.58	Muy Bueno

El carril izquierdo de la ruta 2 tiene un valor de IRI = 2.48 m/km equivalente a un estado de serviciabilidad "Muy Bueno"

Anexo 10 Categorías del estado del IRI en el carril derecho de la Ruta 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Nombre de la ruta: Ruta 3

Tipo de Superficie: Pavimento Flexible y Adoquinado

Carril: Izquierdo

Evaluado por: Cristyan Vaca

Nº	Abscisa	Rango "D" (U)	Rango "D" (mm)	IRI (m/km)	Situación
1	[0.0-0.4]	5.09	25.45	1.23	Muy Bueno
2	[0.4-0.8]	4.88	24.38	1.18	Muy Bueno
3	[0.8-1.2]	9.33	46.67	2.79	Bueno
4	[1.2-1.6]	9.70	48.50	2.88	Bueno
5	[1.6-2.0]	7.94	39.68	1.92	Muy Bueno
6	[2.0-2.4]	8.04	40.21	2.49	Muy Bueno
7	[2.4-2.8]	8.25	41.26	2.54	Bueno
8	[2.8-3.2]	7.96	39.82	1.93	Muy Bueno
9	[3.2-3.6]	7.44	37.22	1.81	Muy Bueno
10	[3.6-4.0]	12.58	62.92	3.56	Regular
11	[4.0-4.4]	11.33	56.67	3.26	Bueno
12	[4.4-4.8]	21.00	105.00	5.54	Muy Malo
13	[4.8-5.2]	5.45	27.25	1.32	Muy Bueno
14	[5.2-5.6]	5.19	25.93	1.26	Muy Bueno
15	[5.6-6.0]	4.39	21.97	1.07	Muy Bueno
16	[6.0-6.4]	4.68	23.38	1.13	Muy Bueno
17	[6.4-6.8]	6.19	30.94	1.50	Muy Bueno
18	[6.8-7.2]	7.33	36.67	1.78	Muy Bueno
19	[7.2-7.6]	6.85	34.25	1.66	Muy Bueno
20	[7.6-8.0]	4.88	24.38	1.18	Muy Bueno
21	[8.0-8.4]	4.19	20.95	1.02	Muy Bueno
22	[8.4-8.8]	6.03	30.17	1.46	Muy Bueno
23	[8.8-9.2]	5.51	27.54	1.34	Muy Bueno
24	[9.2-9.6]	5.56	27.78	1.35	Muy Bueno
25	[9.6-10]	5.36	26.81	1.30	Muy Bueno

26	[10-10.4]	5.50	27.50	1.33	Muy Bueno
27	[10.4-10.8]	5.97	29.86	1.45	Muy Bueno
28	[10.8-11.2]	5.70	28.51	1.38	Muy Bueno
29	[11.2-11.6]	5.75	28.73	1.39	Muy Bueno
30	[11.6-12.0]	5.90	29.51	1.43	Muy Bueno
31	[12.0-12.4]	6.02	30.11	1.46	Muy Bueno
32	[12.4-12.656]	4.00	20.00	0.97	Muy Bueno

El carril derecho de la ruta 3 tiene un valor de IRI = 1.81 m/km equivalente a un estado de serviciabilidad “Muy Bueno”

Anexo 11 Categorías del estado del IRI en el carril izquierdo de la Ruta 3

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL			
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)					
Nombre de la ruta:	Ruta 3				
Tipo de Superficie:	Pavimento Flexible y Adoquinado				
Carril:	Izquierdo				
Evaluado por:	Cristyan Vaca				
Nº	Abscisa	Rango "D" (U)	Rango "D" (mm)	IRI (m/km)	Situación
1	[0.0-0.4]	5.65	28.25	1.37	Muy Bueno
2	[0.4-0.8]	5.94	29.72	1.44	Muy Bueno
3	[0.8-1.2]	6.02	30.11	1.46	Muy Bueno
4	[1.2-1.6]	5.71	28.56	1.38	Muy Bueno
5	[1.6-2.0]	5.73	28.67	1.39	Muy Bueno
6	[2.0-2.4]	5.64	28.21	1.37	Muy Bueno
7	[2.4-2.8]	4.88	24.38	1.18	Muy Bueno
8	[2.8-3.2]	4.68	23.38	1.13	Muy Bueno
9	[3.2-3.6]	5.19	25.95	1.26	Muy Bueno
10	[3.6-4.0]	4.89	24.47	1.19	Muy Bueno
11	[4.0-4.4]	7.33	36.67	1.78	Muy Bueno
12	[4.4-4.8]	7.94	39.68	1.92	Muy Bueno
13	[4.8-5.2]	5.40	27.02	1.31	Muy Bueno

14	[5.2-5.6]	5.42	27.12	1.32	Muy Bueno
15	[5.6-6.0]	5.46	27.31	1.32	Muy Bueno
16	[6.0-6.4]	5.25	26.23	1.27	Muy Bueno
17	[6.4-6.8]	4.56	22.81	1.11	Muy Bueno
18	[6.8-7.2]	20.33	101.67	5.38	Malo
19	[7.2-7.6]	10.83	54.17	3.14	Bueno
20	[7.6-8.0]	12.73	63.67	3.59	Regular
21	[8.0-8.4]	7.96	39.82	1.93	Muy Bueno
22	[8.4-8.8]	7.47	37.33	1.81	Muy Bueno
23	[8.8-9.2]	8.04	40.21	2.49	Muy Bueno
24	[9.2-9.6]	8.25	41.26	2.54	Bueno
25	[9.6-10]	7.33	36.67	1.78	Muy Bueno
26	[10-10.4]	8.25	41.26	2.54	Bueno
27	[10.4-10.8]	9.67	48.33	2.87	Bueno
28	[10.8-11.2]	9.20	46.00	2.76	Bueno
29	[11.2-11.6]	6.51	32.56	1.58	Muy Bueno
30	[11.6-12.0]	5.29	26.45	1.28	Muy Bueno
31	[12.0-12.12]	3.50	17.50	0.85	Muy Bueno

El carril izquierdo de la ruta 3 tiene un valor de IRI = 1.86 m/km equivalente a un estado de serviciabilidad “Muy Bueno”

Anexo 12 Formato de encuesta aplicada a los propietarios de los buses urbanos del cantón Tena.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

El presente cuestionario forma parte de un proyecto de investigación, tiene como objetivo estimar la relación entre el estado de las rutas de los buses urbanos con el mantenimiento del vehículo, tal encuesta es aplicada a propietarios de los buses.

Se solicita de la manera más comedida que responda a las preguntas con la mayor sinceridad posible.

1. ¿En qué línea de autobús usted realiza el recorrido?

- Línea 1
 Línea 2
 Línea 3

2. ¿Indique cuantas veces circula la misma ruta por día?

En caso de marcar
la Línea 1:

Valor:

En caso de marcar la
Línea 2:

Valor:

En caso de marcar la
Línea 3:

Valor:

3. ¿Qué recorrido de la línea de autobús considera que se encuentra más deteriorado?

- Recorrido línea 1
 Recorrido línea 2
 Recorrido línea 3

4. ¿En el año cuantas veces realiza el mantenimiento del autobús general?

- 1 vez
 2 veces
 3 veces
 4 veces
 > 4 veces

Valor aproximado:

**5. ¿Cuáles son los elementos que mayormente requieren de repuestos o remplazos?
(Marque una o más respuestas)**

- Amortiguadores
 Neumáticos
 Alineación, balanceo y rotación

- Rulimanes de manzanas
- Frenos delanteros y posteriores

6. ¿En promedio cuanto le cuesta el mantenimiento del autobús? (ABC de frenos, alineamiento y balanceo o algún desperfecto del automotor)

- < 100 dólares
 - 100 – 200 dólares
 - 200 – 300 dólares
 - 300 – 400 dólares
 - > 400 dólares
- Valor aproximado:

7. Con que frecuencia cambia al año los elementos o repuestos mencionados:

- | | |
|---|---|
| <p>Neumáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 1 vez <input type="checkbox"/> 2 veces <input type="checkbox"/> 3 veces <input type="checkbox"/> 4 veces <input type="checkbox"/> > 4 veces | <p>Amortiguadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 1 vez <input type="checkbox"/> 2 veces <input type="checkbox"/> 3 veces <input type="checkbox"/> 4 veces <input type="checkbox"/> > 4 veces |
|---|---|

- | | |
|--|--|
| <p>Alineación, balanceo y rotación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 1 vez <input type="checkbox"/> 2 veces <input type="checkbox"/> 3 veces <input type="checkbox"/> 4 veces <input type="checkbox"/> > 4 veces | <p>Rulimanes de manzanas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 1 vez <input type="checkbox"/> 2 veces <input type="checkbox"/> 3 veces <input type="checkbox"/> 4 veces <input type="checkbox"/> > 4 veces |
|--|--|

- Frenos delanteros y posteriores:**
- 1 vez
 - 2 veces
 - 3 veces
 - 4 veces
 - > 4 veces

8. ¿Cuál es el costo en dólares que usted paga por los elementos o repuestos mencionados?

Neumáticos:

Costo promedio:

Amortiguadores:

Costo promedio:

Alineación, balanceo y rotación:

Costo promedio:

Rulimanes y manzanas:

Costo promedio:

Frenos delanteros y posteriores:

Costo promedio:

Gracias por su colaboración

Anexo 13 Formato de encuesta aplicada a los mecánicos automotrices del Tena.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

El presente cuestionario forma parte de un proyecto de investigación, tiene como objetivo estimar la relación entre el estado de las rutas de los buses urbanos con el mantenimiento del vehículo, aplicado a mecánicos automotrices.

Se solicita de la manera más comedida que responda a las preguntas con la mayor sinceridad posible.

- 1. ¿En el año cuantas veces un consumidor realiza el mantenimiento de un autobús urbano en general?**

1 vez

2 veces

3 veces

4 veces

> 4 veces

Valor aproximado:

- 2. ¿Cuáles son los elementos que mayormente requieren de repuestos o remplazos? (Marque una o más respuestas)**

Amortiguadores

Neumáticos

Alineación, balanceo y rotación

Rulimanes de manzanas

Frenos delanteros y posteriores

- 3. ¿En promedio cuánto cobra por el mantenimiento del autobús? (ABC de frenos, alineamiento y balanceo o algún desperfecto del automotor)**

< 100 dólares

100 – 200 dólares

200 – 300 dólares

300 – 400 dólares

> 400 dólares

Valor aproximado:

4. ¿Cuál es el costo en dólares que usted cobra por los elementos o repuestos mencionados?

Neumáticos:

Costo promedio:

Amortiguadores:

Costo promedio:

Alineación, balanceo y rotación:

Costo promedio:

Rulimanes de manzanas:

Costo promedio:

Frenos delanteros y posteriores:

Costo promedio:

Gracias por su colaboración

Anexo 14 Evidencia fotográfica de la aplicación de encuestas a los propietarios de los buses.



Foto 6 Aplicación de encuestas a los propietarios de buses de la compañía de transporte Transguacamayos.



Foto 7 Aplicación de encuestas a los propietarios de buses de la compañía Riopano

Anexo 15 Evidencia fotográfica de la aplicación de encuestas a los mecánicos automotrices del Tena.



Foto 8 Aplicación de encuestas a los señores mecánicos automotrices del Tena

Anexo 16 Promedio de kilómetros recorridos al año de los buses de transporte urbano de la ciudad de Tena.

Ruta	Distancia Carril Derecho (Km)	Distancia Carril Izquierdo (Km)	Distancia Total del Circuito (Km)	Nº Vueltas Diarias	Nº Buses	Recorrido Diario Unitario (Km)	Recorrido Diario Total (Km)	Número de Frecuencias Diarias	Número de Frecuencias Semanales	Total, Kilómetros Semanales
1	14.4	14.6	29	8	17	232	3944	136	952	27608
2	13	13.3 2	26.32	7	13	184.24	2395.12	91	637	16765.84
3	12.656	12.1 2	24.776	7	4	173.43 2	693.728	28	196	4856.096
Total			80.096				7032.84 8			49229.93 6
Recorrido promedio de un bus semanal (km)							1 447.94			
Kilómetros recorridos al año (km)							75 500.00			

Anexo 17 Tabla de resultados obtenidos de las 34 encuestas realizadas a los propietarios de los buses urbanos de la ciudad de Tena.

Resultados de las encuestas			
Circuito			
	Línea 1	Línea 2	Línea 3
1. ¿En qué línea de autobús usted realiza el recorrido?	34	34	34
2. ¿Indique cuantas veces circula la misma ruta por día?	131	91	28
3. ¿Qué recorrido de la línea de autobús considera que se encuentra más	31	7	5

Mantenimiento					
4. ¿En el año cuantas veces realiza el mantenimiento del autobús?	1 vez	2 veces	3 veces	4 veces	> 4 veces
		0	4	3	8

5. ¿Cuáles son los elementos que mayormente requieren de repuestos o remplazos?	Amortiguadores	Neumáticos	Alineación, balanceo y rotación	Rulimanes de manzana	Frenos delanteros y posteriores
	7	34	23	24	33
6. ¿En promedio cuanto le cuesta el mantenimiento del autobús? (ABC de frenos, alineamiento y balanceo o algún desperfecto del automotor)	< 100 dólares	100 – 200 dólares	200 – 300 dólares	200 – 300 dólares	> 400 dólares
	0	16	12	1	5
7. Con qué frecuencia cambia al año los elementos o repuestos mencionados:	1 vez	2 veces	3 veces	4 veces	> 4 veces
	Neumáticos				
	20	10	1	3	0
	Amortiguadores				
	10	2	0	0	0
	Alineación, balanceo y rotación				
	20	10	1	3	0
	Rulimanes de manzana				
	16	9	3	0	0
	Frenos delanteros y posteriores				
4	20	5	5	0	
8. ¿Cuál es el costo en dólares que usted paga por los elementos o repuestos mencionados?	Neumáticos	Amortiguadores	Alineación, balanceo y rotación	Rulimanes de manzana	Frenos delanteros y posteriores
	Costo promedio:	2'880.61	598.46	55.21	332.50

Anexo 18 Tabla de resultados obtenidos de las 5 encuestas realizadas a los mecánicos de transporte pesado de la ciudad de Tena.

Mantenimiento					
1. ¿En el año cuantas veces un consumidor realiza el mantenimiento del autobús urbano en general?	1 vez	2 veces	3 veces	4 veces	> 4 veces
	0	0	0	3	2
2. ¿Cuáles son los elementos que mayormente requieren de repuestos o remplazos?	Amortiguadores	Neumáticos	Alineación, balanceo y rotación	Rulimanes de manzana	Frenos delanteros y posteriores
	1	5	3	5	5
3. ¿En promedio cuanto le cobra por el mantenimiento del autobús?	< 100 dólares	100 – 200 dólares	200 – 300 dólares	200 – 300 dólares	> 400 dólares
	0	3	2	0	0
4. ¿Cuál es el costo en dólares que usted paga por los elementos o repuestos mencionados?	Neumáticos	Amortiguadores	Alineación, balanceo y rotación	Rulimanes de manzana	Frenos delanteros y posteriores
	Costo promedio:	2'160.00	720.00	90.00	356.00