

CAPÍTULO I

Diseño teórico y metodológico

1.1. Introducción

El grado de seguridad de una carretera varía una de otra ya sea el estado de las mismas, el estado del vehículo, adecuada señalización, coherencia de diseño de la vía, el estado del conductor, por el clima y otros factores, dentro de los cuales para que no ocurra un accidente de tránsito o siniestro vial, no se puede controlar el estado de los vehículos, los estados de los conductores, el clima o algún suceso imprevisto como el cruce de un peatón o animal.

El grado de seguridad de una carretera debe ser una información que debe estar a mano de cualquier usuario tales como los conductores, peatones e instituciones relacionadas con la seguridad vial, ya que en una carretera muchas veces surgen conflictos que ponen en riesgo la seguridad, originando accidentes, por lo que los encargados de mantenimiento y organizaciones involucradas con la seguridad vial, deberían hacer una evaluación del estado actual de las carreteras para poder analizar el porqué de los accidentes y de las falencias dentro de lo que enmarca la seguridad de estas.

Como antecedente se cuenta con el estudio del grado de seguridad en carreteras en la provincia de Entre Ríos Argentina, el cual se pretende aplicar a nuestro medio para conocer y verificar el grado de seguridad de nuestras carreteras para tomar en cuenta los elementos que emplean y que afectan la seguridad de estas.

De esta manera nace la propuesta de contar y tener una evaluación del grado de seguridad en las carreteras del departamento de Tarija, y lo que se pretende es evaluar los elementos como ser físicos y de la calzada de las carreteras. Con esta evaluación se pretende conocer el estado actual de las carreteras según el grado de seguridad para proponer alternativas de corrección de los elementos estudiados para aumentar la seguridad de nuestras carreteras si es que fuera necesario.

1.2. Diseño teórico

1.2.1. Planteamiento del problema

1.2.1.1. Situación problemática

En las carreteras de nuestro departamento surgen conflictos que ponen en riesgo la seguridad de los usuarios que transitan por ellas, como los accidentes de tránsito que dejan pérdidas materiales, heridos y muertos, y donde se desconoce si estas carreteras son seguras o si no lo son, generalmente en las carreteras pavimentadas principales de nuestro departamento, no cuentan con un método que permita conocer si los conflictos son ocasionados por los elementos físicos que previenen, reglamentan, informan o protegen del estado de la carretera, por la dificultad o incomodidad que presentan las fallas de la calzada al transitar por ellas.

Debido a la falta de aplicación de un método de evaluación del grado de seguridad sobre los elementos físicos, fallas de la calzada e información de nuestras carreteras, las entidades interesadas con la seguridad vial, instituciones públicas comprometidas con el mantenimiento y conservación vial, no pueden tomar acciones sobre nuestras carreteras para incrementar la seguridad.

Los usuarios como conductores, pasajeros locales y extranjeros afrontan con desinformación de la seguridad que ofrecen nuestras carreteras y es una realidad que la inseguridad ha incrementado con el crecimiento de accidentes de tránsito.

1.2.1.2. Problema

¿Se puede establecer un indicador del grado de seguridad en las carreteras pavimentadas que salen de la ciudad de Tarija, para los elementos físicos y las fallas de la calzada?

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el grado de seguridad en las carreteras pavimentadas principales que salen de la ciudad de Tarija, para los elementos físicos y de fallas de la calzada con el fin de valorizar e indicar la seguridad que ofrecen los mencionados elementos, para proponer alternativas de corrección a las vías estudiadas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estudiar toda la teoría de conceptos fundamentales relacionados con el grado de seguridad en carreteras.
- Hacer un relevamiento del método de evaluación del grado de seguridad para los elementos físicos que contempla la demarcación horizontal, señalización vertical, banquina, y barandas en los sectores particulares de curvas horizontales, alcantarillas y calles laterales.
- Hacer un relevamiento del método de evaluación del grado de seguridad para los elementos de fallas de la calzada que contempla el índice de rugosidad, ahuellamientos, exudación y baches en los sectores a evaluar.
- Inventariar las obras de señalización de tránsito y obras de protección, zonas peligrosas e inseguras de las carreteras a estudiar.
- Analizar el grado de seguridad de las carreteras estudiadas, sus diferencias, los inventarios realizados y proponer alternativas de corrección de mantenimiento y señalización.

1.4. Hipótesis

Si se realiza la evaluación del grado de seguridad en las principales carreteras pavimentadas que salen de la ciudad de Tarija, con un relevamiento de las fallas de la calzada y de los elementos físicos, para lograr indicar que los sectores evaluados a partir de dichos elementos son inseguros.

1.5. Variables independientes y dependientes

Variables independientes:

- Estado actual de fallas de los elementos físicos y de fallas de la calzada de una carretera.

Variables dependientes:

- Evaluación de fallas de los elementos físicos y de fallas de la calzada de una carretera para llegar a alternativas de correcciones en favor de la seguridad.

1.6. Diseño metodológico**1.6.1. Unidades de estudio y decisión muestral****1.6.1.1. Unidades de estudio**

Las unidades de estudio son las incidencias de las fallas de los elementos físicos y de las fallas de la calzada en las carreteras pavimentadas que salen de la ciudad de Tarija.

1.6.1.2. Población

Son todas las fallas que presentan las carreteras que serán evaluadas para los elementos físicos y de calzada.

1.6.1.3. Muestra

De la población de las carreteras en estudio se evaluará las fallas de los elementos físicos y calzada donde se ubicará los puntos más críticos que afectan la seguridad.

1.6.1.4. Muestreo

Una vez ubicados los puntos más críticos de las carreteras que afectan la seguridad se procede a definir el área de muestreo con ayuda del método PCI y con criterios propios del evaluador para realizar dicha evaluación.

1.7. Métodos y técnicas empleadas

Los métodos y técnicas empleadas en el presente trabajo son los siguientes:

1.7.1. Métodos

Se utilizará el método ocular de observación, inspección, revisión, análisis, comparación, fotografías e interpretación para proponer alternativas de corrección en favor de la seguridad.

El método que se empleará es el método de evaluación de carreteras según el grado de seguridad el cual está basado en los métodos de evaluación de pavimentos superficial los cuales son Vizir y PCI.

1.7.2. Técnicas de muestreo

La técnica de estudio para realizar la evaluación es la técnica no probabilística, la cual se desarrolla a criterio del evaluador y tiene cierta subjetividad la evaluación a realizarse.

1.7.3. Medios

Los medios utilizados para realizar la evaluación son:

- Medios físicos: Vehículo, GPS, nivel de ingeniero, planillas, cámara fotográfica, odómetro, flexo metro, huincha métrica, reglas metálicas, chalecos de seguridad y conos de seguridad.
- Medios informáticos: Hojas Word, hojas Excel, presentaciones PowerPoint, programa Inpaco para determinar IRI.

1.7.4. Preparación previa para aplicación de instrumentos

Para los requisitos y condiciones para aplicar los instrumentos, en primer lugar debe tener buenas condiciones el vehículo y la preparación de los elementos para evaluar en buenas condiciones, como los que se citaron anteriormente y las tablas o planillas para el relevamiento de la información en campo.

Los conos y chalecos de seguridad deben ser un requisito para los evaluadores.

CAPÍTULO II

Conceptos fundamentales relacionados con el grado de seguridad en carreteras

2.1. Elementos fundamentales de tráfico

Los elementos fundamentales del tráfico los cuales están involucrados con el grado de la seguridad en carreteras son:

2.1.1. Conductor

El conductor es la persona encargada y capacitada para tener el control de un determinado vehículo y conducirlo por las vías públicas teniendo en cuenta las reglas de circulación.

Los conductores según la clase de vehículo que conducen se clasifican:

- a) Ciclistas
- b) Motociclistas
- c) Conductores Particulares
- d) Chofer Profesional
- e) Motorista

Los conductores deberán tener atención y cuidados necesarios para transitar por las vías, respetando las señales de tránsito y precautelando la seguridad de los demás conductores y peatones de las vías.

Figura 2.1. Conductor



Fuente: Elaboración propia

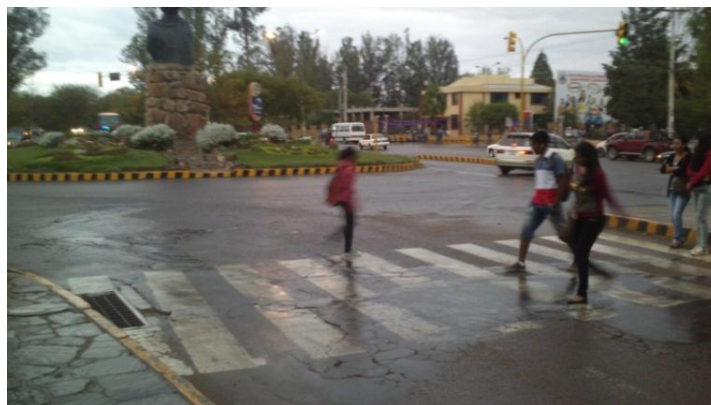
2.1.2. Peatón

Es la persona que transita a pie por la vía pública, que se desplaza por caminata, trotando o corriendo; también se incluyen a los peatones con discapacidad.

Para poder transitar los peatones deben cumplir una serie de reglas por su seguridad y cuidado del orden de la vía pública, citadas a continuación:

- a) Dentro del radio urbano el peatón lo hará por las aceras, conservando su derecha y de ningún modo por la calzada.
- b) Para pasar de una acera a otra, lo hará obligatoriamente por las franjas de seguridad o por los lugares autorizados.
- c) En las carreteras es prohibido al peatón circular por las bermas, salvo el caso de necesidad.
- d) Tiene preferencia de paso en las calles donde no hay autoridad de tránsito, ni señales, debiendo los conductores reducir la velocidad o detener el vehículo.
- e) Está prohibido para el peatón subir o bajar cuando el vehículo está en movimiento.
- f) Está prohibido para el peatón situarse en la calzada, con el propósito de abordar o detener un vehículo.

Figura 2.2. Peatón



Fuente: Elaboración propia

2.1.3. Vehículo

Los vehículos son medios de transporte o locomoción que permite el traslado de personas y cargas de un lugar a otro, los cuales se clasifican de acuerdo a su tracción, características y clase de servicio ya sea particular o público.

En las vías circulan distintos vehículos como la de tracción humana como la bicicleta y los motorizados que engloban a motocicletas, automóviles, vagonetas, camionetas, autobuses, camiones, etc., y otros vehículos con motor.

Los vehículos deben encontrarse en las mejores condiciones, para poder circular sin ningún inconveniente y para poder garantizar la seguridad del conductor, peatones y pasajeros, para lo cual deben someterse a una revisión e inspección periódica.

La actualización y modernización de los vehículos por parte de las fábricas es muy avanzada en comparación de las carreteras ya que los vehículos actuales son más veloces y más dinámicos, mientras que las carreteras obedecen a los trazos antiguos, topografía de la zona, velocidades limitadas y muchos otros aspectos, que hacen que los vehículos esperen a nuevos trazos y diseños de carreteras para mantener la seguridad de los usuarios en las carreteras.

Figura 2.3. Vehículos



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.4. Configuración vehicular por tipo de ejes

CONFIGURACIÓN VEHICULAR POR TIPO DE EJES

Código	Tipo de Vehículos	Figura
1	<i>Automóviles y Vagonetas</i>	
2	<i>Camionetas (hasta 2 Tn.)</i>	
3	<i>Minibuses (hasta 15 pasajeros)</i>	
MB	<i>Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)</i>	
B2	<i>Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)</i>	
B3	<i>Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)</i>	
C2m	<i>Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)</i>	
C2	<i>Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)</i>	
C3	<i>Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)</i>	
CSR	<i>Camiones Semiremolque</i>	
CR	<i>Camiones Remolque</i>	
12	<i>Otros Vehículos</i>	

elaborado por: Alex Arriaga

Fuente: ABC (Administradora Boliviana de Carreteras)

2.1.4. Vías

Las vías son los lugares por donde se transita, de dominio y uso público, construida fundamentalmente para la circulación de vehículos y que se dividen en vías urbanas como autopistas, avenidas, calles, pasajes y paseos; y las vías rurales como carreteras, caminos y sendas.

La función que desempeñan las vías es garantizar el libre tránsito de vehículos y peatones, para lo cual se debe hacer un diseño técnico y proyectar de acuerdo a las necesidades sociales, considerando los aspectos ambientales y económicos.

No se debe quedar de lado el mantenimiento de las vías que es fundamental para cumplir la vida útil de esta, ofrecer todas las comodidades y seguridad que necesitan los usuarios.

Figura 2.5. Vía



Fuente: Elaboración propia

2.2. Sectores particulares relacionados con la seguridad en carreteras

Los sectores particulares que se describirán a continuación, son los sectores que se consideran, según el estudio, que afectarán a la seguridad en donde se evaluarán los elementos físicos y son nombrados a continuación:

2.2.1. Calle o camino lateral

Las calles laterales son calles o caminos que se encuentran al costado de la carretera principal y que une o divide el tránsito de las intersecciones.

Las calles o caminos laterales deben cumplir ciertas exigencias como el mejoramiento de los accesos, banquetas firmes, señalización vertical correspondiente tanto preventiva y reglamentaria en ambas parte de los caminos que se intersectan, la demarcación horizontal segmentada que indica que se trata de una calle lateral donde se debe prestar atención por parte de los vehículos que transitan por las calles que se intersectan, para tener mayor seguridad en este sector que son donde se tiene accidentes de tránsito por no tener las precauciones correspondientes de acuerdo a las medidas de seguridad en intersecciones o cruces.

Generalmente son las de la red secundaria vial con menor cantidad de tránsito a la carretera principal y conducen a centros importantes, poblaciones, productivos y ciudades.

Figura 2.6. Calle o camino lateral



Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Alcantarillas y obras de arte menores

La alcantarilla en una carretera es una estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la carretera, debe ser hasta 6 m. y las losas de luces mayores, se tratarán como puentes en lo relativo a su cálculo hidráulico. La alcantarilla debe ser capaz de soportar las cargas del tráfico en la carretera, el peso de la tierra sobre ella, las cargas durante la construcción, etc., es decir, también debe cumplir requisitos de tipo estructural.

Se considera a las alcantarillas como estructuras menores, sin embargo, aunque su costo individual es relativamente pequeño, el costo total de ellas es importante y por lo tanto debe darse especial atención a su diseño. Debe considerarse también que algunas de estas obras debido a su tamaño o altura de terraplén, pueden constituir un serio peligro para la seguridad de los usuarios y para el funcionamiento de la carretera.

Figura 2.7. Alcantarilla



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.8. Obra de arte menor



Fuente: Elaboración propia

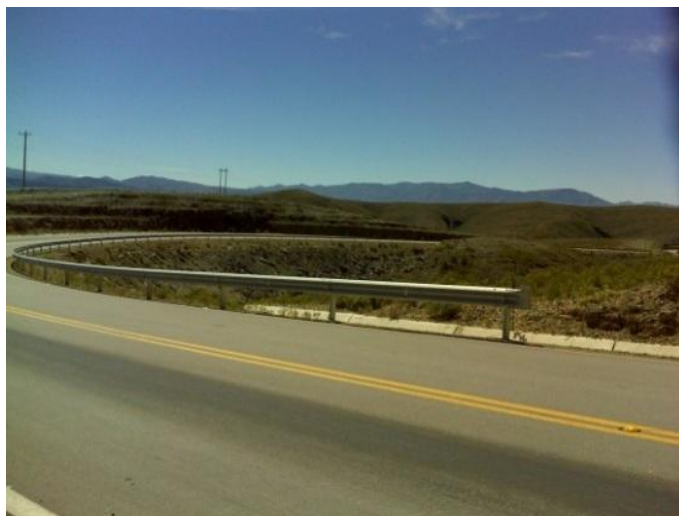
2.2.3. Curvas horizontales

Las curvas horizontales o alineaciones en planta son de dos tipos:

- a) **Curva circular:** Las curvas de una carretera son circulares o sectores de circunferencia. Cuanto mayor sea el radio, mayor será la velocidad que puedan alcanzar los vehículos al paso por curva.

Estas pueden ser simples, compuestas e inversas.

Figura 2.9. Curva horizontal compuesta



Fuente: Elaboración propia

- b) Curva de transición:** Son elementos geométricos donde la variación de la curvatura es lineal a lo largo de su desarrollo, por lo que evita las discontinuidades de curvatura. Todos los vehículos desarrollan una clotoide cuando van girando su eje director disminuyendo o aumentando la curvatura que describen. Las clotoides también permiten cambiar el peralte en su recorrido lo que posibilita que los vehículos no tengan que frenar antes de entrar en una curva.

Figura 2.10. Curva horizontal transición



Fuente: Elaboración propia

2.3. Elementos físicos en carreteras relacionadas con la seguridad

Los elementos físicos en las carreteras que serán mencionados a continuación son los elementos de señalización vertical, demarcación horizontal, banquetas y barandas de protección; donde cada uno de los elementos mencionados tienen incidencia en la seguridad de la carretera en conjunto, los cuales tienen la función de reglamentar, prevenir, informar, resguardar, dar protección y dar mayor seguridad mediante su instalación en las carreteras para que el usuario tenga precaución y atención a estos elementos por su seguridad al conducir por las carreteras.

2.3.1. Señalización vertical

Son señales de regulación del tránsito destinadas en su gran mayoría a los conductores de los vehículos, colocadas al costado de la vía o elevadas sobre la calzada, con las siguientes características:

- a) Conformación física
- b) Placa
- c) Forma

Debe mantenerse rígida y ser resistente a las inclemencias climáticas de cada lugar, presentando un adecuado comportamiento frente a la corrosión en las condiciones de servicio; su perfil y tamaño varían según las características y especificaciones que determinan las normas técnicas reglamentarias.

Las placas deben ser pintadas o deben ser láminas reflectivas con iluminación externa o interna, en las vías pavimentadas las señales deben ser de láminas reflectivas.

En autopistas, semiautopistas y en los puntos o tramos que por su trazado o características ofrezcan un alto riesgo (curvas, puentes, rotondas, cruces de trenes, caminos, pasos peatones o escolares, acceso a vías pavimentadas, presencia de obstáculos, o ante la proximidad de cualquier otro peligro grave para la circulación), las señales deben ser de alta reflectividad.

Por su forma las señales tienen diferente significado; tales como:

El rombo previene o advierte el peligro al conductor, tanto para sí mismo como para terceros usuarios de la vía. Implica además un determinado comportamiento vial.

El círculo reglamenta en forma expresa y concreta a partir del lugar donde se encuentre ubicado, una prohibición o una obligación.

Los cuadriláteros informan u orientan sobre un evento ubicado después del cartel, mientras que los pentágonos informan u orientan sobre un evento ubicado antes del cartel.

Figura 2.11. Señal vertical



Fuente: Elaboración propia

Señales reglamentarias

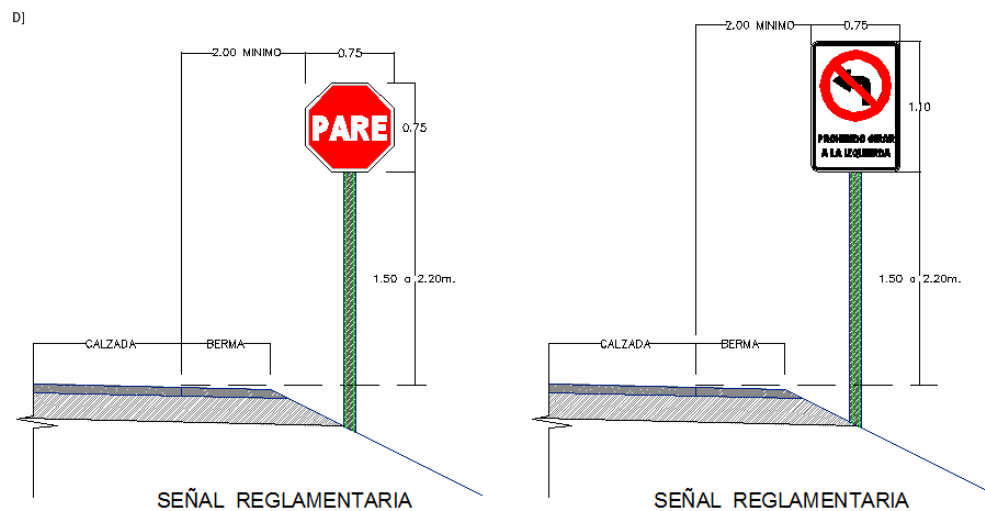
Son señales de color blanco con un aro o marco de color rojo y que tienen por objeto advertir, restringir e indicar la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito.

Figura 2.12. Señalización restrictiva



Fuente: <http://www.viasbolivia.gob.bo>

Figura 2.13. Especificaciones de señales reglamentarias



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)

Figura 2.14. Señalización de advertencia

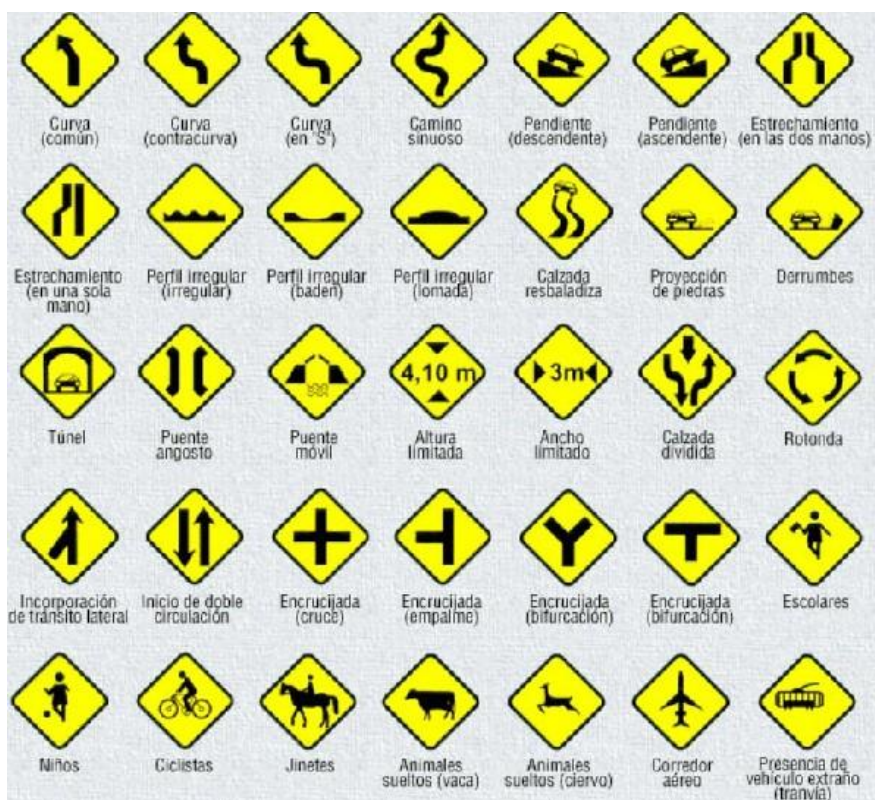


Fuente: <http://www.viasbolivia.gob.bo>

Señales preventivas

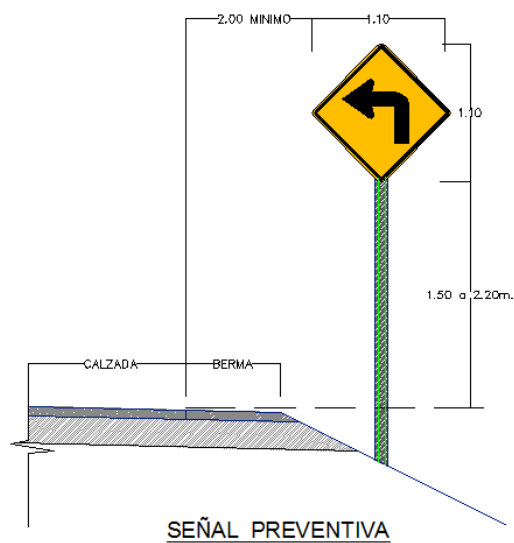
Son señales de color amarillo que tienen un símbolo que indica con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía que implican un peligro y que tienen por objeto prevenir a los conductores para que tomen las precauciones necesarias.

Figura 2.15. Señalización preventiva



Fuente: <http://www.viasbolivia.gob.bo>

Figura 2.16. Especificaciones de señales preventivas



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)

Figura 2.17. Señalización transitoria



Fuente: <http://www.viasbolivia.gob.bo>

Señales informativas

Son señales con leyendas y/o símbolos que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su recorrido por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios y ciertas recomendaciones que conviene observar. Estas señales se clasifican en:

a) Señales de destino

Tienen por objeto informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido, su aplicación es primordial en las intersecciones en donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.

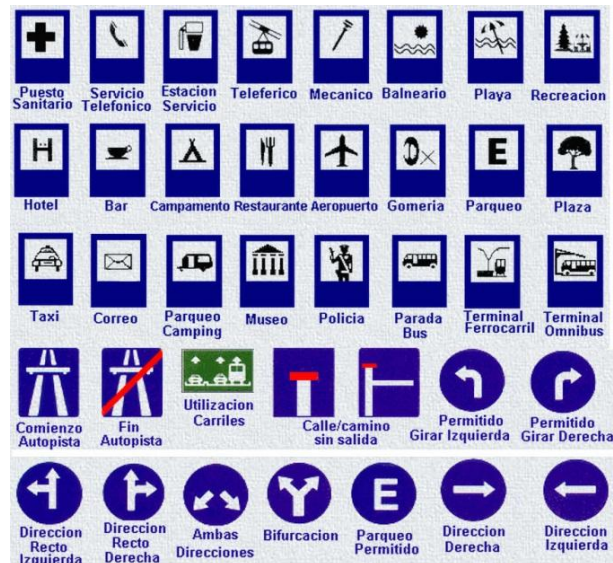
b) Señales de recomendación e información general

El objetivo de estas señales es informar determinadas disposiciones y recomendaciones de seguridad que conviene observar, así como cierta información general que conviene conocer.

c) Señales de servicios y turísticas

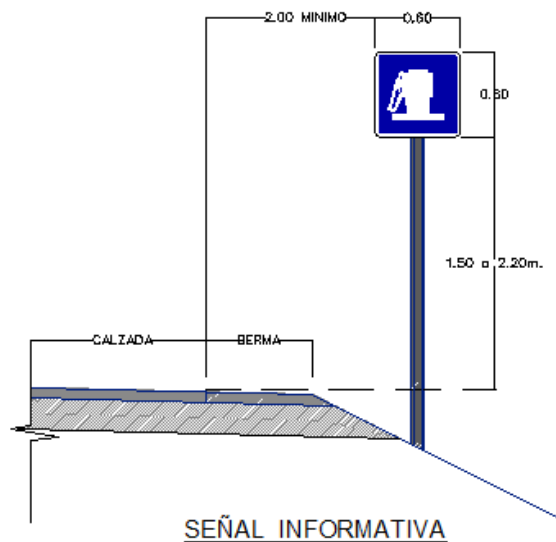
Tienen por objetivo informar de la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo.

Figura 2.18. Señalización informativa



Fuente: <http://www.viasbolivia.gob.bo>

Figura 2.19. Especificaciones de señales preventivas



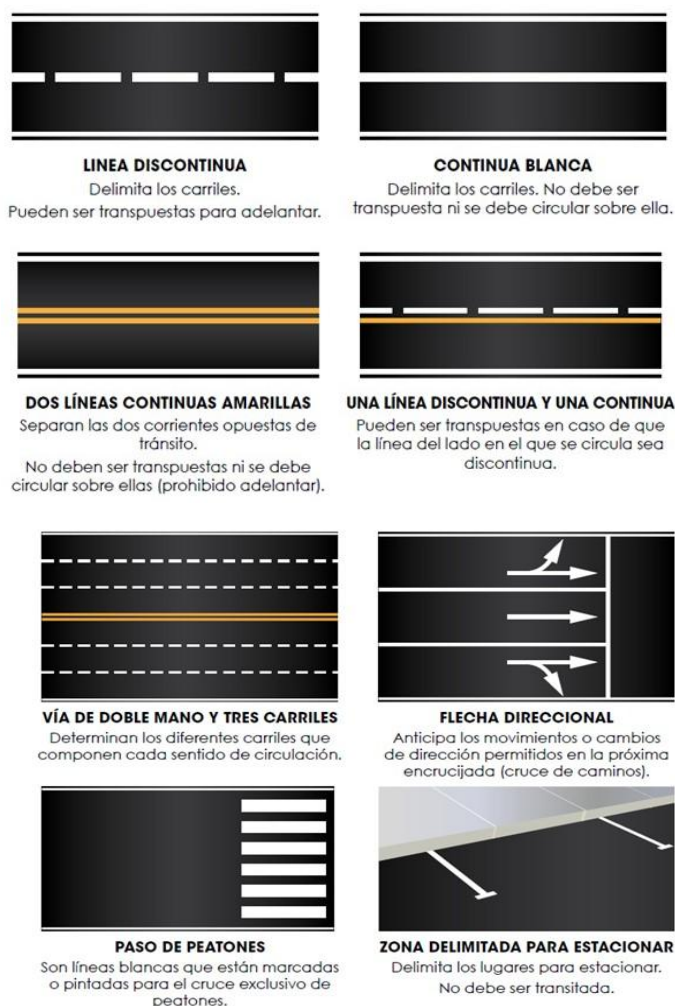
Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)

2.3.2. Demarcación horizontal

La demarcación horizontal es el conjunto de marcas conformadas por líneas, flechas, palabras y símbolos viales pintadas o pegadas sobre la calzada, destinadas a ordenar o regular la circulación, advertir determinadas circunstancias, fijar sentidos de circulación, delimitar plazas de estacionamiento, fijar zonas de estacionamientos, paradas prohibidas.

Las líneas de color blanco son las que se pueden cruzar por los vehículos, mientras que las líneas amarillas son para restringir la circulación o paso por ellas.

Figura 2.20. Señalización horizontal



Fuente: <http://www.viasbolivia.gob.bo>

La demarcación cumple dos funciones: una, la de acompañar necesariamente a la señalización vertical; otra, la de imponer su propio alcance reglamentario, aun cuando no exista la señalización vertical.

Figura 2.21. Demarcación horizontal de velocidad máxima sobre el carril



Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Banquina

También conocido como berma es una franja longitudinal que está pavimentada o no, adyacente a la calzada, la cual no destinada al uso de vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales. El conjunto de la calzada y la banquina forman una plataforma.

Para separar la calzada de la banquina, generalmente se la divide mediante una línea blanca continua.

La banquina en algunos diseños está diseñada para el tránsito de peatones y bicicletas, tomando las precauciones correspondientes por parte de estos usuarios de la banquina.

Si la carretera tiene una sola calzada, las bermas deben tener anchos iguales.

Las banquetas cumplen cuatro funciones básicas: proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permiten detenciones ocasionales; aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentando la seguridad.

Para que estas funciones se cumplan en la práctica, las banquetas deben ser de un ancho constante el cual está entre 0.5 m. y 2.5 m, estar libres de obstáculos y deben estar compactadas homogéneamente en toda su sección.

Figura 2.22. Banquina



Fuente: Elaboración propia

2.3.4. Barandas

Las barandas de protección son uno de los elementos de seguridad vial cuya función es la de evitar que los vehículos se salgan de la calzada.

Características:

- Las defensas ayudan a proteger tanto al vehículo como a sus ocupantes.

- Durante la colisión, la viga absorbe la energía máxima en el aplano lateralmente y frena el vehículo.
- Impide que el vehículo se arrastre de nuevo en la calzada mediante el control de ángulos de salida a través de desaceleración gradual y la reorientación efectiva del vehículo en la carretera.
- Permite reparaciones rápidas en caso de accidentes.
- Todos los componentes son galvanizados para una mayor duración.

Figura 2.23. Barandas metálicas



Fuente: Elaboración propia

Barandas metálicas (Flex Beam)

Son defensas de chapas perfiladas, fijadas en postes metálicos, las defensas metálicas están constituidas de una estructura compuesta de variadas piezas de acero apropiadas, moldeadas por proceso de perfilado y estampado. Las defensas metálicas tienen medidas en metro lineal.

Tales piezas son: lámina o armazón, cuña, espaciador, poste, pernos y tuercas.

- Viga W para Flex Beam
- Poste Metálico para viga W
- Terminal de barrera
- Perno y tuerca
- Pletina 3/4" x 1/8" x 40 cm.
- Separador (amortiguador)

Todos estos componentes están contruidos de acero, con las siguientes propiedades:

- Límite de resistencia de rotura de tracción: 37 a 45 kg/mm²
- Límite Elástico: 24 kg/mm (mínimo)
- Alargamiento: 25% (mínimo)
- Ensayo del doblado sobre un diámetro: 180°

Todos los componentes de la defensa recibirán un tratamiento con zinc a fuego, para protegerlos contra la corrosión.

La capa de zinc proporcionada a las piezas estampadas y perfiladas será de un espesor mínimo de 50 micras que corresponde aproximadamente a una cantidad de 350 gramos de zinc por metro cuadrado de superficie tratada.

La capa de zinc en los pernos y tuercas corresponderá a una cantidad mínima de 200 gramos por metro cuadrado de superficie.

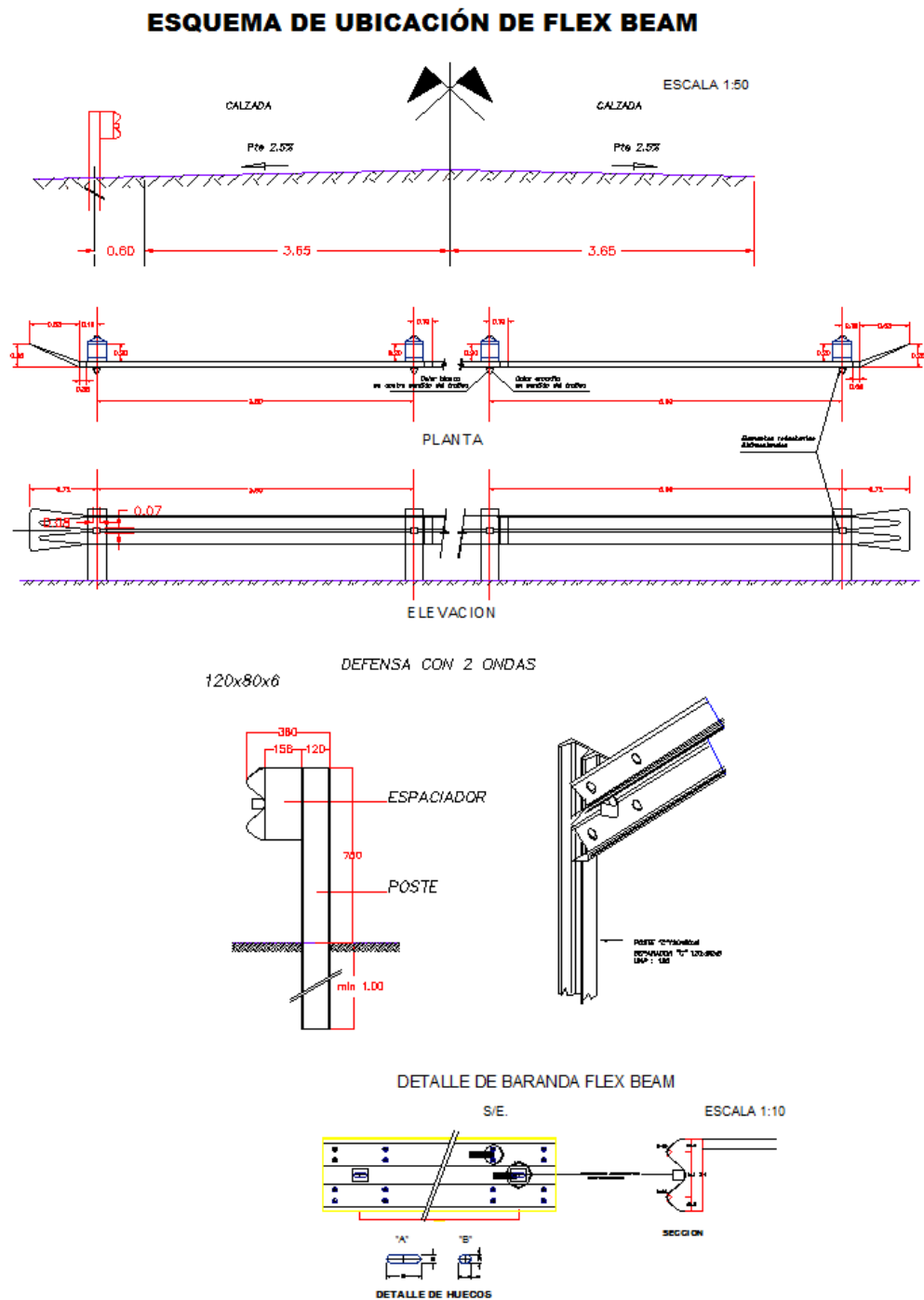
Las defensas serán implantadas en la carretera donde la distancia de la lámina al exterior de las defensas metálicas al borde de la berma será de 30 cm.

La altura de instalación de la defensa por encima del nivel del borde de la berma será entre 60 y 65 cm. para las defensas metálicas.

Los postes de sustentación de la defensa metálica estarán espaciados en 4 metros, e instalados conforme al diseño.

El montaje de los componentes de la defensa deberá realizarse mediante los pernos especificados apropiados.

Figura 2.24. Barandas metálicas Flex Beam



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)

2.3.5. Delineadores reflectivos

Dispositivos plásticos, cerámicos o metálicos destinados a demarcar el pavimento, que disponen en la cara que enfrenta el tránsito, una superficie retro reflectante y/o luminosa, con el objetivo de orientar durante la conducción nocturna. Pueden ser de color blancas, amarillas o rojas, debiendo coincidir el color de la superficie retro reflectante con el del cuerpo del elemento que la contiene.

Los delineadores reflectivos deben ser del tipo reflector prismático, el área reflectante debe estar moldeada de material metacrilato o policarbonato, su base plana y no debe presentar desviaciones mayores a 1.3 mm.

Las delineadores reflectivos deberán cumplir con las siguientes exigencias:

- **Resistencia a la compresión:** La tacha deberá soportar un peso de 2727 Kg. sin quebrarse ó deformarse significativamente. Entendiendo como deformación significativa 3,3 mm.
- **Resistencia al desprendimiento:** La tacha deberá tener una resistencia al desprendimiento mayor o igual a 3,4 MPa. (500 Psi).
- **Color:** El color deberá caer dentro de las coordenadas cromáticas: Blanco 279, Amarillo 177 y Rojo 70.
- **Dimensiones:** Altura 15mm. y ancho 100mm, ángulo entre la cara de la marca y la base $\leq 45^\circ$.
- **Resistencia a flexión:** Debe resistir 909 Kgf. sin deformación mayor que 3,3 mm.

Se utilizan para demarcar obstáculos, indicar peligros, en serie para indicar el alineamiento de la vía y son mayormente conocidos como “ojos de gato”.

De acuerdo a los colores que presentan indican lo siguiente:

- **Color Rojo:** Líneas que no se deben traspasar
- **Color Blanco:** Líneas que se pueden cruzar
- **Color Amarillo:** Islas y reservas centrales.

Figura 2.25. Delineadores reflectivos



Fuente: Elaboración propia

2.3.6. Mojones de seguridad

Tienen el objetivo de entregar a los conductores información visual adicional sobre la delineación de la vía y sus alrededores especialmente donde existen alcantarillas u otras obras de arte que se encuentran en las carreteras.

Las dimensiones de los mojones de seguridad son las siguientes:

- Alto total del mojón 1.55 m.
- Alto de anclaje del mojón 0.50 m.
- Ancho del mojón 10 cm.
- Distancia mínima del mojón a la berma 30 cm.

Figura 2.26. Mojón de seguridad



Fuente: Elaboración propia

2.4. Elementos de la calzada en carreteras relacionados con la seguridad

Cuando se refiere a los elementos de la calzada en el presente estudio se citarán las características y las fallas que existen sobre la calzada, para lo cual se hace referencia al índice de rugosidad internacional, ahuellamiento, exudación y baches donde a continuación se explica cada uno de estos conceptos.

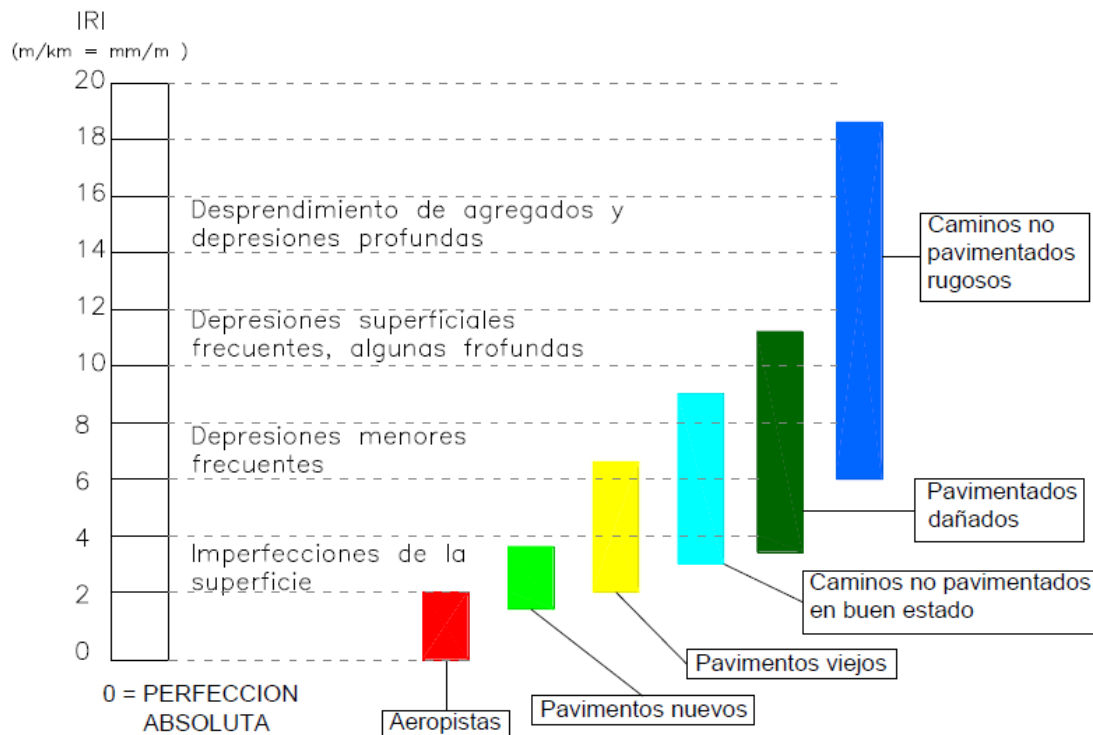
2.4.1. Índice de rugosidad internacional (IRI)

El índice internacional de rugosidad, fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura, regularidad y la comodidad en la conducción.

El cálculo matemático del índice de rugosidad internacional está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior en milímetros, metros o pulgadas, de un modelo de vehículo de cuarto de carro, dividido entre la distancia recorrida sobre un camino en m, km. o millas que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/h. El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/mi, etc. Así, el IRI es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino.

Para determinar el índice de rugosidad en el estado superficial se evalúa con nivel y mira topográfica que es la manera más conocida para la medición del perfil longitudinal. El equipo consiste en una mira de precisión graduada con unidades convenientes de elevación, y un nivel topográfico empleado para establecer el dato de la línea horizontal. Tiene una gran precisión y permite obtener una medida exacta del perfil del pavimento, generalmente utilizado cuando se miden pocos perfiles. Entre otros equipos para determinar el IRI se cuenta con Dipstick, perfilógrafos, Equipos tipo respuesta (RTRRMS) y perfilómetro inercial.

Figura 2.27. Escala de valores del índice de rugosidad internacional



Fuente: Alta tecnología en ingeniería de pavimentos y seguridad vial

2.4.2. Ahuellamiento

Es una depresión longitudinal de la superficie por efecto del tránsito de las ruedas. En algunos casos puede ocurrir un levantamiento del asfalto a ambos lados de la huella. Los ahuellamientos poco severos se notan durante una lluvia donde estas hendiduras son ocupadas por el agua. En estados más avanzados de desarrollo estas fallas afectan la base, subbase y eventualmente la subrasante, debido a la consolidación o al movimiento lateral de los materiales por las cargas de tránsito. Las causas del ahuellamiento pueden ser el movimiento plástico de la mezcla en tiempo cálido, compactación inadecuada durante la construcción o abrasión por las ruedas. Un ahuellamiento significativo puede provocar mayores fallas estructurales e hidroplaneo de los vehículos.

La medida del ahuellamiento es lineal y vertical, generalmente se mide en milímetros, colocando una regla perpendicular en la huella.

Figura 2.28. Ahuellamiento



Fuente: Elaboración propia

2.4.3. Exudación

La exudación es la presencia de una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa.

La mancha es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire, o por deposición de aceites caído de los vehículos, o por concentración de residuos de combustibles no quemados.

La exudación ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento.

Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

La exudación se mide en metros cuadrados del área afectada. Es una de las fallas que se la clasifica como resbaladizas junto a los pulimientos de agregados y al afloramiento de agua en la calzada.

Figura 2.29. Exudación



Fuente: Elaboración propia

2.4.4. Baches

Un bache es un área de pavimento producida por una falla severa de piel de cocodrilo de diferente profundidad, la cual viene acompañada en algunas ocasiones con desprendimiento de áridos y deterioro total del área afectada.

Un bache se produce cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie, que generalmente se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de alta severidad.

Los baches se miden en metros cuadrados para el estudio realizado y estos son un obstáculo o producen incomodidad al transitar, los cuales pueden reducir la seguridad que ofrece la calzada ya que son fallas que desestabilizan el tránsito.

Figura 2.30. Bache



Fuente: Elaboración propia

Piel de cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito.

El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica o base estabilizada donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda.

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento y para su medición se la registra en metros cuadrados del área afectada.

Figura 2.31. Piel de cocodrilo



Fuente: Elaboración propia

2.5. Antecedentes de aplicación de evaluación del grado de seguridad

Como antecedentes de la evaluación de carreteras pavimentadas según el grado de seguridad se cuenta con el trabajo que fue realizado por el Tec. Juan Carlos Aquino, Ing. Silvia Pelayo e Ing. Sergio Tentor, el cual fue realizado el año 2005 y fue presentado en el XIV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito en Buenos Aires Argentina, con el trabajo que fue la evaluación de los caminos según el grado de seguridad, para la dirección provincial de vialidad de Entre Ríos Argentina.

2.6. Evaluaciones en carreteras

La evaluación en carreteras es la valoración de elementos o fallas que presentan, las cuales pueden ser evaluación de pavimento superficial, evaluación estructural de la carretera o evaluación de otros elementos que afectan ó incomodan para la buena funcionalidad, transitabilidad o seguridad de las carreteras.

Entre las evaluaciones de las carreteras tenemos como referencia a dos evaluaciones superficiales de base para la evaluación de carreteras según el grado de seguridad y son descritas a continuación:

2.6.1. Método Vizir

El método Vizir es francés con más de una década de aplicación, está basado en un número de fallas típicas de las carreteras, dividiéndolas en dos grandes grupos estructurales y superficiales.

El método Vizir define la condición del pavimento mediante el índice de deterioro superficial, el cual es un valor adimensional que se calcula a partir del porcentaje vial del área afectada con respecto a la gravedad de las fallas en la longitud vial del tramo estudiado.

Al sumar el análisis de estas degradaciones, valores obtenidos como fisuraciones, agrietamientos y deformaciones de origen estructural, se puede conocer el estado actualizado de la vía y dividirlo en tramos homogéneos según su respuesta estructural, además de establecer el índice de estado.

El valor del índice de deterioro superficial (Is), está comprendido entre el rango de 1 que indica una estructura en perfectas condiciones, hasta 7 que indica una estructura totalmente destruida.

Determinación del índice de deterioro superficial (IS)

- Cálculo del índice de fisuración (If), el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuras y grietas de tipo superficial en cada zona evaluada.

- Cálculo del índice de deformación (Id), el cual depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural.

Figura 2.32. Rango del índice de deterioro superficial Vizir

BUENO → 1 – 3
REGULAR → 3 – 5
MALO → 5 - 7

Fuente: Incidencia técnica de la reversión de la concesión vial

Is = Índice de deterioro superficial

If = Índice de fisuración

Id = Índice de deformación

Tabla 2.1. Índice de fisuración (Vizir)

Índice de fisuración “If” (Fisuración longitudinal por fatiga y piel de cocodrilo)	PARÁMETROS	Extensión		
	Gravedad	0 -10 %	10 -50%	>50%
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

Fuente: Incidencia técnica de la reversión de la concesión vial

Tabla 2.2. Índice de deformación (Vizir)

Índice de deformación “Id” (Ahuellamiento y otras deformaciones)	PARÁMETROS	Extensión		
	Gravedad	0 -10 %	10 -50%	>50%
	1	1	2	3
	2	2	3	4

estructurales)	3	3	4	5
----------------	----------	---	---	---

Fuente: Incidencia técnica de la reversión de la concesión vial

Tabla 2.3. Índice de deterioro superficial (Vizir)

ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL “Is”				
ÍNDICES	Índice de Fisuración “If”			
Índice de deformación “Id”	0	1 - 2	3	4 - 5
0	1	2	3	4
1 - 2	3	3	4	5
3	4	5	5	6
4 - 5	5	6	7	7

Fuente: Incidencia técnica de la reversión de la concesión vial

2.6.2. Método PCI

El método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

Para el muestreo se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura.

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m, El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

$$N = \frac{L_{\text{Total}}}{l_{\text{muestra}}} \quad \text{Ecuación N}^\circ 1$$

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

L_{Total} = Longitud total de la carretera

l_{muestra} = Longitud de la muestra en función al área de unidad de muestreo

El número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación N° 2, la cual produce un estimado del $IS \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N-1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación N}^\circ 2$$

Dónde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

e = Error admisible en el estimativo del IS de la sección ($e = 5\%$)

s = Desviación estándar del IS entre las unidades (10 para pavimentos flexibles)

Figura 2.33. Índice de condición del pavimento (PCI) y escala de graduación

100	
85	EXCELENTE
70	MUY BUENO
55	BUENO
40	REGULAR
25	MALO
10	MUY MALO
0	FALLADO

Fuente: Cálculo del índice de condición del pavimento flexible distrito de Castilla

2.6.3. Método de evaluación del grado de seguridad en carreteras

El grado de seguridad en carreteras se cuantifica de acuerdo al modelo o método propuesto que se indicará a continuación y que será información de gran utilidad para los usuarios y entidades interesadas en la seguridad de las carreteras.

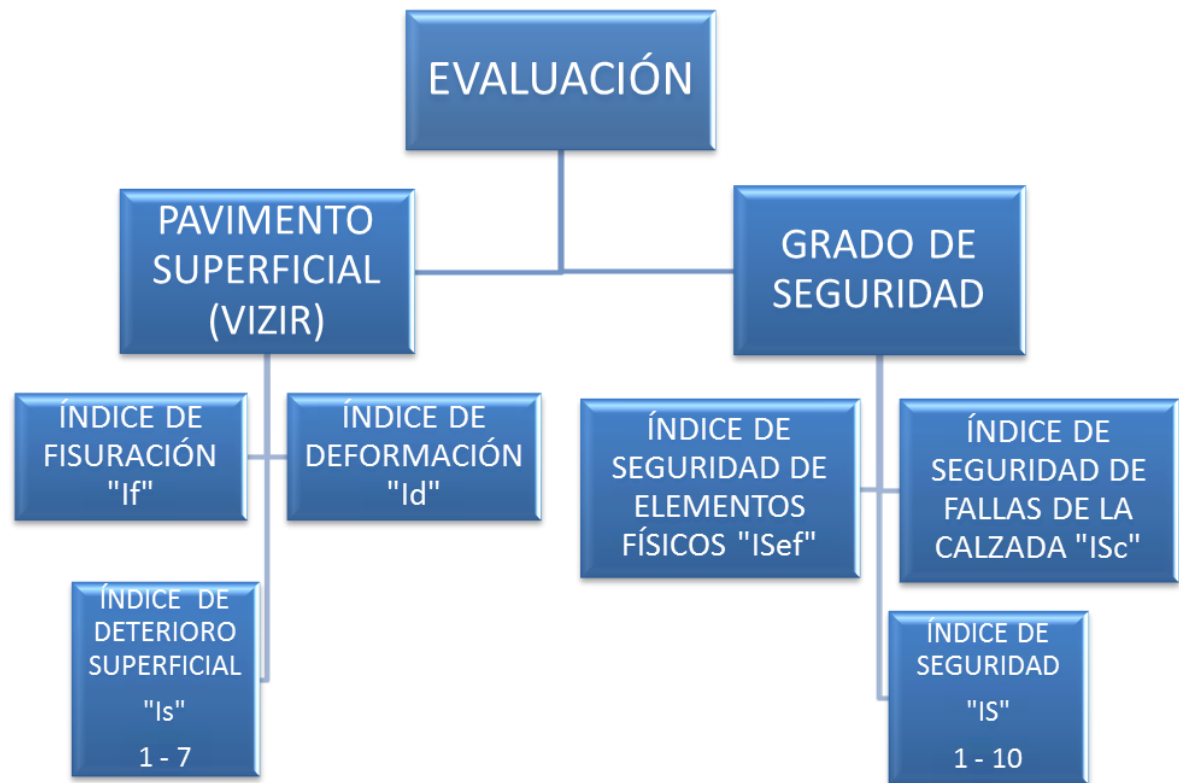
Para esto se tomó como referencia el método de Vizir y el método PCI y que se resume en los siguientes puntos la relación con el método de evaluación del grado de seguridad en carreteras.

- Vizir es un método de evaluación de condición del pavimento el cual llega a un índice del deterioro del pavimento superficial. Para su fin divide las fallas en dos grupos que son el índice de fisuración y el índice de deformación, donde se califica a la gravedad de las fallas y a la extensión de estas.
- El método PCI en lo referente al muestreo se divide la vía en secciones o unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura.
- La evaluación del grado de seguridad en carreteras es un modelo que tiene de referencia el método de Vizir para generar un índice de seguridad, mediante el índice de seguridad de los elementos físicos (ISef) y el índice de seguridad de los elementos de calzada (ISc); también se rescata la gravedad de la fallas y la extensión para ser aplicado en los elementos mencionados.

Del método PCI se utiliza el muestreo que se propone para escoger muestras que serán evaluadas y aplicadas a la evaluación del grado de seguridad de carreteras.

A partir de la aplicación de estas relaciones de los métodos descritos se procede a realizar la evaluación de carreteras según el grado de seguridad para los elementos físicos y fallas de la calzada para obtener el índice del grado de seguridad.

Figura 2.34. Modelo de Evaluación



Fuente: Elaboración propia

Demostración de la fórmula para evaluar el grado de seguridad en carreteras pavimentadas

La valoración de los elementos físicos que serán evaluados dentro de los sectores particulares y los elementos de las fallas de las calzadas, llamado coeficiente que valoriza el grado de seguridad, es de 0 para las mejores condiciones de seguridad y 5 para las condiciones inseguras.

Para cada elemento evaluado tanto para los físicos y la calzada se da un grado de complejidad que va desde G1, G2 y G3, siendo el G1 para los lugares o fallas que tienen menor incidencia en afectar la seguridad y para el G3 el grado de complejidad afecta la seguridad de gran manera.

Para un grado de complejidad G3 se multiplica por el valor de dos a cada elemento, por ejemplo en el caso más desfavorable del análisis $\rightarrow 5 * 2 = 10$.

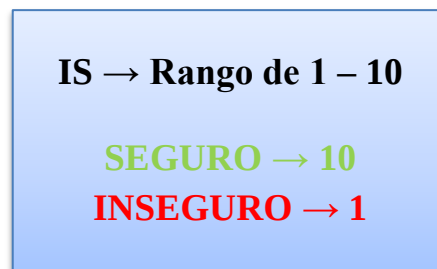
Tabla 2.4. Valores máximos y mínimos para los coeficientes que valoriza el grado de seguridad para el ISef y el ISc

Di	ISef	ISc	Valor Máximo *	Valor Mínimo
D1	Demarcación Horizontal	Rugosidad	10	0
D2	Señalización Vertical	Ahuellamiento	10	0
D3	Banquina	Exudación	10	0
D4	Barandas	Baches	10	0

Fuente: Elaboración propia

* En el caso de que el grado de complejidad sea G3

Figura 2.35. Rango del índice de seguridad



Fuente: Elaboración propia

IS = Índice de Seguridad

Di = Coeficiente que valoriza el grado de seguridad

Ci = Coeficiente de peso

Tomando los casos más desfavorables:

IS = 1

D1 = D2 = D3 = D4 = 10

$$D_i = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 40$$

$$D_i = 40$$

$$IS = 10 * e^{-Ci * Di} \text{ Ecuación N° 3}$$

Reemplazando los valores más desfavorables:

$$IS = 10 * e^{-Ci * Di} \text{ Ecuación N° 3}$$

$$1 = 10 * e^{-40 * Ci} \text{ Ecuación N° 4}$$

Iterando:

$$Ci = 0.05756$$

Reemplazando Ci:

$$IS = 10 * e^{-0.05756 * (D_1 + D_2 + D_3 + D_4)} \text{ Ecuación N° 5}$$

$$IS = 10 * e^{-(0.05756 * D_1 + 0.05756 * D_2 + 0.05756 * D_3 + 0.05756 * D_4)} \text{ Ecuación N° 6}$$

Porcentaje de afectación a la fórmula según teoría:

$$IS = 10 * e^{-(0.06 * D_1 + 0.05 * D_2 + 0.05 * D_3 + 0.06 * D_4)} \text{ Ecuación N° 7}$$

Factorizando los coeficientes de peso:

$$IS = 10 * e^{-[0.05 * (D_2 + D_3) + 0.06 * (D_1 + D_4)]} \text{ Ecuación N° 8}$$

Llamamos a los coeficientes de peso:

$$x = 0.05$$

$$y = 0.06$$

Los cuales fueron afectados de la siguiente manera:

$$Ci = 0.05756$$

$$\text{Si: } Ci \rightarrow 100 \%$$

$$X\% = \frac{Ci - x}{Ci} * 100\% \text{ Ecuación N° 9}$$

$$X\% = \frac{0.05756 - 0.05}{0.05756} * 100\%$$

$$X\% = - 13.13 \%$$

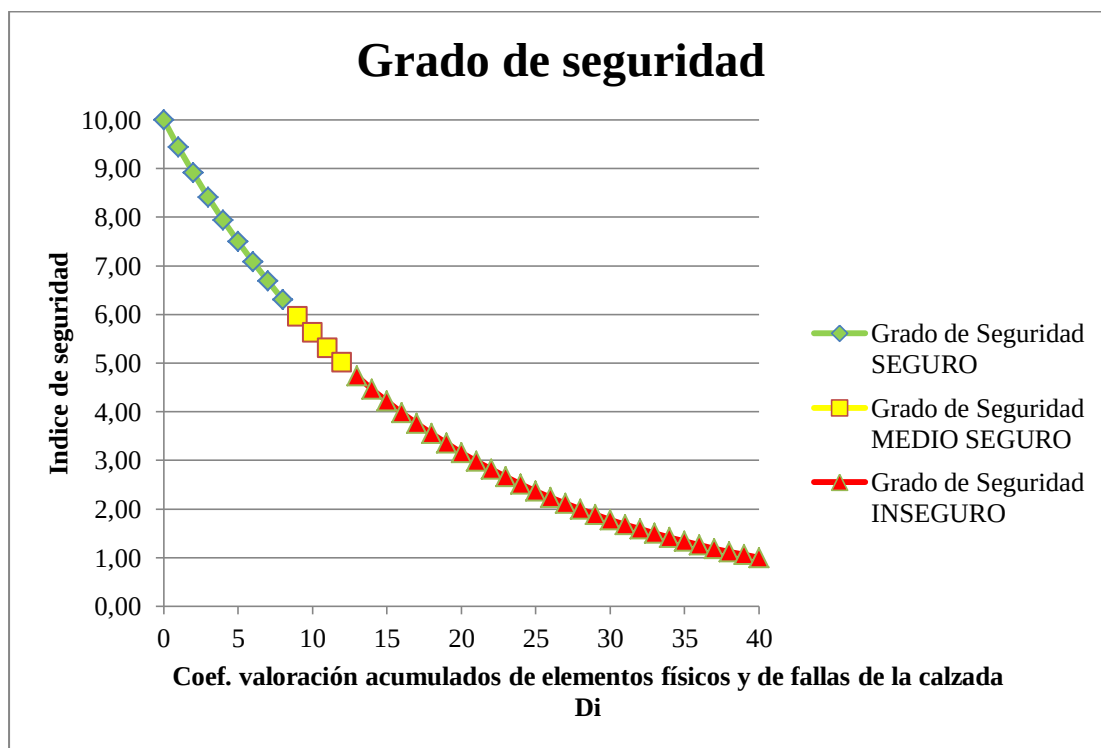
$$Y\% = \frac{y - Ci}{Ci} * 100\% \text{ Ecuación N° 10}$$

$$Y\% = \frac{0.06 - 0.05756}{0.05756} * 100\%$$

$$Y\% = + 4.23 \%$$

A continuación se presenta un gráfico para observar la ubicación de la seguridad de las carreteras según su clasificación del grado de seguridad.

Figura 2.36. Coeficientes de valoración en función del índice de seguridad



Fuente: Elaboración propia

Componentes del índice de seguridad

El método considera elementos que se destinan a prevenir, resguardar al usuario ante cualquier situación conflictiva y aquellas fallas que presenta la calzada que modifican el grado de confort y seguridad en la circulación.

Índice de seguridad en función de los elementos físicos (ISef)

De acuerdo al nivel de complejidad que representa particularizar cada una de las situaciones de inseguridad y la combinación de los elementos que se utilizan en los proyectos de protección a los usuarios, se seleccionarán los parámetros que evalúan la incidencia en la determinación del índice de seguridad para carreteras pavimentadas, la demarcación horizontal, el señalamiento vertical, banquetas y barandas.

Las valoraciones de los mismos se obtendrán en los tramos donde se verifica el estado de la calzada y en sectores particulares como curvas horizontales, calles laterales, y alcantarillas. Cada uno de estos sectores se dividirá en tres grados (G1, G2, G3), estableciéndose para cada uno de ellos las exigencias mínimas a cumplir.

Sectores particulares

Se presenta una serie de tablas con las características y exigencias correspondientes a cada grado de complejidad (G1, G2, G3) de los diferentes sectores particulares definidos; los cuales son calles laterales, alcantarillas y curvas horizontales.

Tabla 2.5. Calles laterales y accesos

Calles laterales y accesos		
Grado	Características	Exigencias
G1	De muy poco tránsito. Caminos rurales que no conducen a centros poblacionales o productivos.	Contar con la señal “PARE”
G2	De mediano tránsito. Caminos rurales de la red secundaria. Conducen de pequeños a medianos centros poblacionales y productivos.	Contar con las señales “PARE” y “Encrucijada” Accesos estarán mejorados

G3	Caminos rurales de la red secundaria o primaria. Conducen a poblaciones, ciudades o centros productivos importantes.	Contar con las señales “PARE” y “Encrucijada”. Sus accesos serán de similar tipo que los accesos de estudio
-----------	--	---

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.6. Alcantarillas y obras de arte menores

Alcantarillas y obras de arte menores		
Grado	Características	Exigencias
G1	De poca profundidad y longitud tal que permita la adecuada ubicación de la banquina. Sin acumulación de agua en el cauce.	Contar con la señal “Paneles de Prevención” en la dirección del tránsito.
G2	De mediana profundidad generalmente con cabezales. Longitud adecuada para ubicación de banquetas. Puede contener agua acumulada en pequeñas profundidades.	Contar con la señal “Paneles de Prevención” en ambas direcciones del tránsito y banquetas o mojones si no se cumple algunas de las características
G3	De una o más luces con cabezales y banquetas. Alturas mayores a los dos metros. Presencia o no de agua acumulada en el cauce.	Llevarán banquetas. Contar con la señal “Paneles de Prevención” en ambas direcciones del tránsito y en la banqueta la señal “Puente Angosto”

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.7. Curvas horizontales

Curvas horizontales		
Grado	Características	Exigencias
G1	Quiebres o curvas abiertas. Adecuada visibilidad. No coincidente con curvas verticales u otro accidente.	Podrán llevar la señal “Curva común o pronunciada” y demarcación correspondiente
G2	Curvas en “S” o contracurvas abiertas. Curvas simples de radio compatible con la velocidad de diseño. Adecuada visibilidad. No coincidente con curvas verticales u otro accidente.	Llevarán señales “Curva común o pronunciada, contracurva y en S” según corresponda la señal “No adelantar” y la demarcación correspondiente
G3	Curvas en “S” o contracurvas cerradas. Curvas simples de radio no compatible con la velocidad de diseño. Escasa visibilidad. Coincidente con curvas verticales u otro accidente.	Llevarán las señales “Curva cerrada, curva común o pronunciada, contra curva y en S ” según corresponda la señal “No adelantar y avisos especiales” y la demarcación correspondiente, barandas o mojones

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Elementos físicos

Las tablas que se utilizan para valorar la seguridad de cada sector particular que se analiza, se detallan a continuación. Las mismas ofrecen valores adjudicables a cada situación en función de las características y estado de cada elemento de seguridad cuyo servicio se evalúa.

Tabla 2.8. Demarcación horizontal

Demarcación horizontal	
Características	Valor
Pulverización de buen espesor y reflectividad. Extrusión completa en tipo y forma. Tachas.	0 - 1
Pulverización de buen espesor y reflectividad. Extrusión incompleta en tipo y forma. Sin tachas.	2
Pulverización de regular espesor y reflectividad.	3
Pulverización incompleta de mal espesor y reflectividad.	4
Sin demarcación horizontal.	5

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.9. Señalización vertical

Señalización vertical	
Características	Valor
Señales informativas y avisos especiales completos, ubicación, forma y estado.	0 – 1
Señales completas. Regular ubicación y estado. Informativas y avisos especiales incompletos.	2
Señales incompletas, buena ubicación, forma y estado.	3
Señales incompletas, mala ubicación, forma y estado.	4
Sin señalización.	5

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.10. Banquina

Banquina	
Características	Valor
Banquinas asfaltadas o mejoradas. Acceso permanente en toda la zona de camino. Calles laterales con boquillas pavimentadas y buena conservación.	0 - 1
Banquinas firmes. Acceso permanente en toda la zona de camino. Calles laterales con boquillas estabilizadas. Buena conservación.	2
Banquinas Firmes. Sin acceso permanente a toda la zona de camino (agua, malezas, pendientes inadecuadas, terraplén). Calles laterales con boquillas naturales. Buena conservación.	3
Banquina y zona de camino sin acceso permanente (descalzadas, sin empastar, erosionadas). Calles laterales naturales. Pendientes inadecuadas. Buena conservación.	4
Sin Banquinas o inaccesibles. Calles laterales naturales en mal estado. Pendientes inadecuadas.	5

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.11. Barandas

Barandas de seguridad	
Características	Valor
Completas. Buen estado. Sin impactos. Bien ancladas. Longitud necesaria.	0 – 1
Completas. Buen Estado. Sin impactos. Longitud menor a la necesaria.	2
Incompletas. Regular Estado. Deformaciones Menores. Menor Longitud a la necesaria. Mojones Buen estado y cantidad.	3
Incompletas. Mal Estado. Menor Longitud a la requerida. Mojones Regular Estado y Cantidad Inferior a la necesaria.	4

Sin Barandas. Mojones en mal estado en mínima cantidad. Sin mojones.	5
--	---

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tablas de campaña para el ISef

Una vez definido el Grado 1, 2 o 3, correspondiente al sector particular individualizado, se procede a evaluar el estado que presentan los elementos físicos seleccionados en función de las exigencias que correspondan a cada uno de ellos. En el caso de caminos pavimentados los elementos elegidos son: demarcación horizontal, señalización vertical, banquina y barandas. Los valores adjudicados en cada caso, se vuelcan en una tabla similar al modelo que sigue:

Tabla 2.12. Tabla de estado de elementos de seguridad

Carretera:				Tramo:		Longitud:	
Planilla estado de elementos de seguridad							
Calzada: Pavimento flexible				Ancho: m		Fecha:	
Prog.	Elemento	Grado	Factor	Demarcación	Señalización	Banquina	Baranda
Valores promedios							

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Una vez consignados en las planillas de campaña los valores correspondientes al tramo de carretera analizado, se calcularán los promedios para cada parámetro que interviene en la fórmula del índice de seguridad.

Índice de seguridad según fallas de la calzada (ISc)

En el caso de las fallas de la calzada se debe tener en cuenta el índice de rugosidad, ahuellamientos, baches, exudación, deformaciones longitudinales y transversales. En las tablas se indica como valorizar los parámetros correspondientes a cada grado para poder determinar sencilla y rápidamente su clasificación.

Tabla 2.13. Índice de rugosidad internacional

Índice de Rugosidad Internacional			
Grado	Características	IRI	Coefficiente
		m/km	di
G1	Muy buen estado superficial, transitabilidad muy confortable.	<1	0
	Sin depresiones ni pozos. Transitabilidad confortable.	1.00-1.70	1
G2	Depresiones y baches moderados de poca frecuencia.	1.70-2.30	2
	Depresiones y baches moderados frecuentes. Corrugación moderada; de buena a regular transitabilidad.	2.30-2.80	3
	Depresiones moderadas y baches poco profundos ocasionales; mediana transitabilidad.	2.80-3.50	4
G3	Depresiones transversales y baches muy profundos; transitabilidad dificultosa.	>3.50	5

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.14. Ahuellamiento

Ahuellamientos

Grado	Características	Ahuellamiento	Coeficiente
		mm	Di
G1	Sensibles por efecto del tránsito pero de poca importancia	<5 mm	0
		5-15 mm	1
		15-25 mm	2
G2	Importantes deformaciones longitudinales hundimientos localizados.	25-35 mm	3
		35-45 mm	4
G3	Graves deformación longitud. Pérdida del perfil. Hundimientos localizados.	>45 mm	5

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.15. Exudación

Exudación			
Grado	Características	Exudación	Coeficiente
		%	Di
G1	Aparición de pequeños glóbulos separados de los asfaltados, como gotas que cubren áreas de poca magnitud.	<5	0
		5-15	1
		15-25	2
G2	Marcada aparición de glóbulos de asfalto medianamente unidos entre sí que cubren un área más homogénea.	25-35	3
		35-45	4
G3	Excesivos glóbulos de asfalto en forma continua, similar riego asfáltico cubriendo toda superficie.	>45	5

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tabla 2.16. Baches

Baches			
Grado	Características	Baches	Coeficiente
		%	Di
G1	Falta superficial de carpeta asfáltica con piel de cocodrilo; desprendimiento de áridos de poca profundidad < 30 mm. Áreas reducidas.	0	0
		0 - 0.04	1
		0.04 – 0.06	2
G2	Falta superficial de la carpeta asfáltica con desprendimiento de áridos, desplazamiento hacia los bordes demarcada profundidad de 50 mm. a 70 mm. y en áreas mayores.	0.06 – 0.08	3
		0.08 – 1.00	4
G3	Deterioro total de la carpeta asfáltica con desprendimiento de áridos y desplazamiento hacia los bordes; profundidades mayores de 70 mm. Y en áreas muy amplias.	>1	5

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Tablas de campaña para ISc

Parecido al caso anterior, una vez definido el Grado 1, 2 ó 3, correspondiente al sector particular individualizado, se procede a evaluar el estado que presentan los elementos de la calzada en función de la seguridad que brindan de acuerdo a las características que se asigna a cada elemento de acuerdo a la valorización obtenida en campo.

La siguiente es una muestra de la planilla a utilizar una vez obtenidos los datos de campo o determinados en gabinete:

Tabla 2.17. Tabla de estado de fallas de la calzada

Carretera:			Tramo:				Longitud:			
Planilla estado de fallas de la calzada										
Calzada: Pavimento flexible			Ancho:				Fecha:			
Prog.	Grado	Factor	IRI		Ahuellamiento		Exudación		Baches	
			m/km	Di	mm	Di	%	Di	%	Di
Valores promedios										

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Nota: Para todos los sectores clasificados como G3 se afectará de un coeficiente 2 (dos) a la valoración asignada a cada elemento por la gravedad del sector.

Cálculo del índice de seguridad

El denominado índice de seguridad, adoptará información sobre las condiciones de la carretera, mediante una evaluación no solo de los elementos fijos destinados a proporcionar garantías al tránsito, sino también de los deterioros de la calzada que actúan en igual sentido. En ambos, la fórmula utilizada para definirlos es similar y del tipo:

$$IS = 10 * e^{-Ci*Di} \text{ Ecuación N° 3}$$

En el cálculo del índice de seguridad, los parámetros serán:

Ci = Coeficiente de peso dependiente de los sectores particulares.

Di = Coeficiente que valoriza el grado de seguridad de los elementos.

Los coeficientes C_i , representan la influencia de los elementos de seguridad observados en los sectores particulares evaluados.

Los coeficientes D_i representan el promedio de los valores asignados a cada uno de los elementos de seguridad analizados en los sectores particulares evaluados.

En el caso de un camino pavimentado los valores que adoptamos para el coeficiente de peso son los siguientes:

$$IS = 10 * e^{-(0.06*D1+0.005*D2+0.05*D3+0.06*D4)} \quad \text{Ecuación N}^\circ 7$$

Y los D_i que intervienen en las fórmulas del índice de seguridad son los se indican en la tabla siguiente:

Tabla 2.18. Coeficiente de índice de seguridad físicos y de calzada

D_i	ISef	ISc
D1	Demarcación Horizontal	Rugosidad
D2	Señalización Vertical	Ahuellamiento
D3	Banquina	Exudación
D4	Barandas	Baches

Fuente: Evaluación de los caminos según el grado de seguridad

Nota: El índice de seguridad a adoptar será el menor entre el ISef e ISc.

El valor final del índice de seguridad varía entre 1 y 10, y de acuerdo al valor resultante del mismo el camino puede considerarse:

IS: 6,4 - 10 Seguro

IS: 4,7 - 6.4 Medianamente Seguro

IS: 1,0 - 4,7 Inseguro

Cuando el tramo clasifica medianamente seguro (IS 4,7 a 6,4), necesita la ejecución de tareas parciales de rehabilitación.

En el caso de clasificar inseguro (IS 1 a 4,7), su rehabilitación requiere de la ejecución de tareas integrales de corrección de los elementos físicos y de las fallas de la calzada para garantizar la seguridad del mismo.

2.7. Inventarios

El inventario obedece al concepto tradicional empleado en gestión de pavimentos de registrar los elementos observados. Los elementos observados deben tener nivel de detalle con una codificación independiente, la cual se vincula al resto de datos de codificación para obtener datos que sean fáciles de analizar en gabinete.

Los datos de inventario que se incluyen en este estudio son características de los elementos que influyen la seguridad, los cuales deben ser acompañados de fotografías para su identificación. Estos antecedentes permiten posteriormente planificar y ejecutar la inspección.

Para realizar el inventario para el grado de seguridad se toma en cuenta los elementos físicos de la calzada, los cuales, se deben registrar en unas planillas donde se anota el elemento a inventariar, la numeración de la observación, datos del elemento observado como el estado y ubicación.

Además de sacar fotografías que identifiquen claramente el elemento inventariado.

Para cada una de las carreteras a estudiar se debe obtener un inventario diferente, para conocer el estado actual de los elementos estudiados.

El inventario del presente trabajo contiene los siguientes puntos:

- Número del elemento
- Progresiva
- Descripción
- Observación
- Fotografía
- Estado del elemento

2.8. Alternativas de mantenimiento y conservación vial

Actividades de conservación vial rutinaria

La conservación vial rutinaria ó mantenimiento rutinario es una de las principales actividades que se debe cumplir con carácter preventivo, para evitar que se presente el deterioro prematuro de la vía y comprende el conjunto de labores que se realizan, principalmente con herramientas manuales, incluyendo sustancialmente actividades como: la limpieza de y el cuidado de la calzada; la limpieza y desmonte del derecho de vía; la poda, corte, retiro y siembra de vegetación; limpieza de las obras de drenaje; la reparación de huecos aislados en el pavimento y las bermas de la vía; el sello de fisuras, grietas y juntas; la limpieza rutinaria de puentes; la remoción de derrumbes menores; el cuidado y reposición de señales verticales, postes de referencia y defensas metálicas; el cuidado rutinario de la demarcación horizontal, el cuidado y vigilancia de la vía y la descontaminación visual y bacheos superficiales.

Obras de conservación periódica

Las obras de conservación periódica es el conjunto de actividades programadas cada cierto periodo de tiempo, tendientes a renovar la condición original de diversos componentes del camino, especialmente de los pavimentos, el cual consiste principalmente en actividades como la aplicación de capas adicionales de material selecto, tratamientos superficiales o recapamientos asfálticos, sin alterar las capas de pavimento subyacente. La conservación periódica de puentes y, demás estructuras viales, incluye la reparación o cambio de elementos estructurales dañados.

Intervención de emergencia

Se considera emergencia toda situación no prevista, ni previsible, ocasionada por las fuerzas de la naturaleza o por acciones humanas impredecibles que obstaculicen la vía e impidan o dificulten el tráfico vehicular.

Estas actividades incluyen la remoción de derrumbes mayores, construcción de desviaciones, instalación de puentes provisionales, restablecimiento de la plataforma de la vía, etc.

2.9. Medidas de seguridad vial

Medidas de seguridad en automóviles

Antes de utilizar un vehículo tenemos que asegurar que ha sido revisado y que se encuentra en perfecto estado de funcionamiento.

Comprobar, previamente a su utilización los frenos, dirección, luces, presión de los neumáticos, incluida la rueda de repuesto, niveles de agua y de aceite.

Sustituir periódicamente el aceite del motor, filtros de aire y de aceite, bujías y correa de distribución.

Un buen mantenimiento preventivo puede evitar accidentes y averías.

Llevar los repuestos y accesorios necesarios.

Mantener los cristales y espejos retrovisores limpios.

Comprobar estado del limpiaparabrisas, gomas y sujeción.

Medidas de seguridad en usuarios

- **Medidas de seguridad en conductores**

Los conductores deben tener buenos hábitos de conducción mediante los cuales se llega a evitar, colisiones, atropellos, vuelcos y toda clase de accidentes. Así entonces, manejar a la defensiva consiste en conducir, previendo todas las situaciones de peligro originadas:

- a) Por actos inseguros del conductor, tales como la fatiga, distracción, visibilidad, etc.
- b) Por actos inseguros de otros conductores, tales como: los anteriores, así como manejo peligroso e inseguro.

c) Por condiciones adversas que muchos conductores consideran imprevistas, tales como lluvia, neblina, viento, desvíos, etc.

- **Medidas de seguridad en conducción nocturna**

A pesar de que en la noche conducen menos personas, en ese horario suceden más accidentes que en el día. Al caer la tarde y durante la noche ocurren aproximadamente el 40% de los accidentes registrados durante 24 horas.

Si bien es cierto que no es lo mismo conducir de día que de noche, hay conductores que no se dan cuenta de la diferencia, y conducen en la noche en la misma forma en que lo hacen durante el día. Básicamente la conducción nocturna depende de los siguientes factores:

Velocidad: Debe mantenerse a la mitad de la que se usa en el día y si está lloviendo debe reducirse aún más. La velocidad debe estar en relación con el alcance del cono de luz y el tiempo que se tarda en recorrer ese espacio.

Visibilidad: En la noche es el 50% de lo que se puede ver en el día. Los peatones se ven menos en la noche, especialmente si no llevan ropas claras.

Iluminación: Es también muy importante tomar en cuenta la iluminación de la vía. En Tarija son muy pocas las vías que tienen una iluminación regular, en especial para la percepción de objetos o personas próximas a la vía.

- **Medidas de seguridad por adelantamiento**

El adelantamiento es una de las maniobras más peligrosas en la conducción de vehículos. Se debe tener mucho cuidado al hacerla. Para explicarlo lo más claro posible vamos a dividir el adelantamiento en tres etapas:

Lo que debe hacerse antes del adelantamiento es ver que no exista prohibición de línea amarilla continua sobre el carril derecho o línea blanca continua, o línea amarilla doble; que no exista tránsito en sentido contrario que ponga en peligro la maniobra, o bien que la dificulte; que se encuentre con suficiente visibilidad para ejecutar la maniobra; guardar la suficiente distancia con el

vehículo que se va adelantar, cuidándose de un frenazo o bien de una reducción de velocidad del vehículo de adelante; observar en el espejo retrovisor que no hayan vehículos, puesto que si se quiere regresar por la derecha, esta podría encontrarse cerrada por los vehículos de atrás y cambiar la velocidad por una más fuerte que se requiere para maniobrar con más rapidez.

Lo que se debe hacer durante el adelantamiento es avisar al conductor de adelante. Se avisa en el día con un toque suave de bocina, y en la noche por medio de un cambio de luces; observar si el vehículo adelantado está cooperando con el adelantamiento, es decir, reduciendo la velocidad; colocarse bien a su derecha, continuar con la maniobra de adelantamiento. Observar al vehículo de adelante, si no permite el adelantamiento, no debe insistir.

Lo que debe hacerse después del adelantamiento, es mirar por el espejo retrovisor al vehículo adelantado, poner la direccional hacia la derecha y regresar al carril derecho sin cortar al vehículo adelantado.

En la vía no se debe adelantar en intersecciones o esquinas con línea blanca continua, en donde exista una línea amarilla sobre el carril de circulación, o doble en dos carriles, en cuestas y pendientes, en curvas, en las vecindades de parques y escuelas.

- **Medidas de seguridad en intersecciones y cruces**

Para evitar colisiones en intersecciones se debe seguir las siguientes recomendaciones:

Programar anticipadamente donde se debe conocer, antes de llegar a la intersección hacia donde virar y nunca se debe actuar a última hora, porque pone en peligro la propia seguridad y la de los demás, haciendo virajes inesperados y a última hora, sin previo aviso ni señalamiento.

Ubicarse correctamente, con la debida anticipación en el carril correcto antes de llegar a la intersección, y de acuerdo con su destino no se debe situar en el carril que no corresponde, se debe respetar las demarcaciones de los diferentes carriles y no limitarse a buscar la comodidad, porque esto puede provocar un accidente.

Con debida anticipación, ejecutar las señales reglamentarias manuales y eléctricas, si se va a detener el vehículo avisar al vehículo de atrás con tiempo, bombeando suave y ligeramente los frenos para que la luz de freno encienda.

Reducir la velocidad antes de llegar a la intersección, aunque esta tenga luz verde ó circule por una vía principal. Se debe retirar el pie del pedal de aceleración y suspenderlo sobre el pedal del freno. Así se economizará el espacio de reacción en caso que presente una emergencia en la intersección.

Mirar lo más adelante posible antes de llegar a la intersección, para saber quién está en la avenida principal o secundaria y ver cuántos vehículos hay en la intersección y para donde van, cuáles son las señales que hay en la intersección

No impacientarse en los congestionamientos, tampoco usar la bocina insistentemente. Con esa actitud, no se va a expeditar el tránsito, pero pueden darle una infracción por escandaloso y poner nerviosas a otras personas.

No adelantar en las intersecciones,, en especial en aquellas cuyas vías una línea blanca continua antes de llegar a la esquina.

No estacionar cerca de una intersección, así no obstaculiza la visibilidad a otros conductores. Hay que detenerse por lo menos diez metros antes de una intersección o esquina.

- **Medidas de seguridad ante condiciones atmosféricas adversas**

Medidas de seguridad durante la lluvia

La lluvia constituye un verdadero y grave problema para el conductor, y es

una de las condiciones adversas contra la cual tiene que enfrentarse durante la conducción.

El patinazo o hidroplaneamiento se da al caer las primeras gotas de agua sobre la vía, forman una masa en extremo deslizante, una capa altamente resbaladiza. Sobre la cual pierden la adherencia las mejores llantas. Cuando el piso de la calzada o vía está mojado, hay más probabilidades de patinar. Con llantas en buen estado, la pérdida de adherencia puede disminuir de acuerdo al tipo de calzada hasta un 50%. De ahí la importancia de andar siempre con buenas llantas, especialmente en países lluviosos como el nuestro.

Frente a la posibilidad de patinar debe reducirse la velocidad, andar con buenas llantas, lo importante es el estado de las mismas.

Medidas de seguridad en caso de neblina

En las zonas de estudio la neblina es un fenómeno se debe tener en cuenta estas medidas de seguridad en el caso de que se presentara.

Existen varios tipos de neblina, la ligera y la densa, la espesa es impenetrable. No importa el tipo de neblina, se debe encender las luces, no para ver sino para que nos vean. Así entonces frente a la conducción con neblina esta debe ser la principal regla, reducir la velocidad y encender las luces.

Medidas de seguridad en peatones

Los peatones no solamente son víctimas de los problemas de tránsito, sino que también, a menudo, constituyen una de sus causas.

En las vías, los peatones deben transitar por las aceras, y por su derecha de acuerdo al sentido de circulación, en donde no hay aceras deben hacerlo por la franja lateral de la vía, por la berma, o bien fuera de la calzada, de lo contrario, hacerlo siempre por el lado izquierdo, para así tener de frente al tránsito que viene en contra.

En las vías sólo se debe cruzar por los cruces de peatones, situados cerca de las esquinas. Debe tenerse presente que no debe cruzarse en las esquinas en forma

diagonal, para que los peatones puedan hacer esto, los conductores deben tener sus vehículos en la línea de detención, nunca deben detener su automotor sobre la zona de cruce de peatones, si ocurriese esto deberá ser castigado.

Algunos derechos de los peatones frente a los conductores es que si no hay semáforo o autoridad, tiene prioridad de paso, para cruzar el peatón y los vehículos deben llegar hasta detenerse para respetar este derecho, lo cual esto no ocurre en nuestro entorno puesto que el conductor al observar que no existe ninguna restricción acelera. En el resto de la cuadra tiene preferencia el conductor.

Al virar, a la derecha o izquierda, el conductor debe avanzar lentamente con su vehículo e incluso detenerse para permitir el paso de los peatones.

De acuerdo a las normas de seguridad le está prohibido al conductor intimidar al peatón de palabra, o bien usando el acelerador o la bocina.

CAPÍTULO III

Relevamiento de información para la evaluación del grado de seguridad

3.1. Antecedentes generales de las carreteras a estudiar

Construcción carretera Norte: Comenzó la construcción el año 2011 hasta el año 2013; la cual fue puesta en servicio en diciembre de 2013 y no tiene recepción definitiva.

Carretera Norte = 29.7 Km.

Inicio Evaluación (Cruce Rancho – Falda de la Queñua)

Fin Evaluación (Túnel Falda de la Queñua)

Construcción carretera Chaco: Fue construida aproximadamente desde el año 1995 hasta el año 1998. Cuenta con el primer mantenimiento periódico con la última renovación superficial en el año 2002 hasta el año 2004.

Desde la Puerta del Chaco hasta el puente Jarcas, es decir de la progresiva 17+000 a la progresiva 23+500 fue construida el año 2010 al año 2011 y de la progresiva 23+500 hasta el puente Jarcas fue el año 2012 hasta el año 2013.

Carretera Chaco = 25.9 Km.

Inicio Evaluación (Puesto de Control El Portillo)

Fin Evaluación (Puente Jarcas, Carlazo)

Construcción carretera Sur: Su inicio de construcción fue aproximadamente el año 1970 hasta el año 1974 y cuenta con su primer mantenimiento periódico de última renovación superficial desde el año 2002 hasta el año 2004, manteniendo paralelamente a la carretera Chaco.

Carretera Sur = 41.6 Km.

Inicio Evaluación (Puesto de Control El Portillo)

Fin Evaluación (Ingreso a Padcaya)

3.2. Datos de accidentes de tránsito

Se consiguió datos de accidentes de tránsito de la Unidad Operativa de Tránsito del año 2013, datos históricos del INE (Instituto Nacional de Estadísticas), de accidentes de tránsito descargados del portal web y datos de un estudio realizado por el periódico La Razón. Los cuales se presentan a continuación y se adjuntan en anexos:

Tabla 3.1. Datos de accidentes de tránsito 2013

POLICIA BOLIVIANA								
ORGANISMO OPERATIVO DE TRANSITO								
AÑO 2013								
Mes: Enero								
Nº	FECHA	Naturaleza del Hecho	Lugar del Hecho	Hora	Daños Personales	Nº de Heridos	Nº de Muertos	Daños Materiales
1	1	Colision de Vehiculos por alcance	c/Campero y Avaroa	6:00	Ninguno			Minimo
2	1	Caída Motociclista	Base Aerea	7:00	Heridos	2		Minimo
3	1	Colision de Vehiculos	Av. La Paz y Belgrano	14:00	Ninguno			De Consideracion
4	1	Colision de Motociclista a ciclista	Rotonda Europa	17:45	Heridos	1		Minimo
5	2	Colision de Vehiculos	c/Campero y Fray Mingo	9:10	Ninguno			Minimo
6	2	Colision de Vehiculos	c/Mendez y Madrid	11:00	Ninguno			Minimo
7	2	Colision de Vehiculos por alcance	Rotonda Moto Mendez	20:44	Ninguno			Minimo
8	3	Atropello a Peaton	Av. Panamericana y F. Tejerina	15:40	Herido	1		Ninguno
9	4	Choque a Vehiculo Detenido	c/Madrid y Gral. Trigo	10:00	Ninguno			Minimo
10	4	Colision de Vehiculo y Motocicleta	c/Colon y Avaroa	10:00	Ninguno			Minimo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2. Datos de accidentes de tránsito registrados Bolivia (INE)

BOLIVIA: ACCIDENTES DE TRÁNSITO REGISTRADOS, SEGÚN DEPARTAMENTO													
DESCRIPCION	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 (p)
Tarija	1.060	1.117	929	1.102	1.822	1.522	1.627	2.034	2.353	2.825	3.147	3.092	3.012
Atropellos	186	199	144	218	291	219	211	251	304	344	322	321	279
Colisiones	503	530	529	519	814	637	678	1.003	1.239	1.381	1.626	1.648	1.587
Choque a objeto fijo y vehiculo detenido	296	289	201	294	556	474	545	549	531	791	842	786	807
Vuelcos	32	45	35	34	58	67	68	79	141	128	78	103	110
Embarrancamiento, deslizamiento y encunetamiento	31	24	7	13	60	79	74	109	88	99	141	141	133
Caída de personas - pasajeros	12	18	11	24	43	46	49	40	48	80	131	88	85
Incendio de vehículos	0	12	2	0	0	0	2	3	2	2	7	5	11

Fuente: INE Instituto Nacional de Estadísticas

Tabla 3.3. Datos de causa de los hechos de accidentes de tránsito



Fuente: Periódico la Razón

3.3. Materiales y equipo utilizado

Los materiales y equipos que serán utilizados para realizar la evaluación del grado de seguridad son los siguientes:

- Vehículo

Figura 3.1. Vehículo utilizado para evaluar



Fuente: Elaboración propia

- Odómetro del vehículo

Figura 3.2. Odómetro de vehículo



Fuente: Elaboración propia

- GPS Garmin

Figura 3.3. GPS Garmin y su cargador



Fuente: Elaboración propia

- Nivel de Ingeniero

Figura 3.4. Nivel de Ingeniero



Fuente: Elaboración propia

- Cámaras fotográficas

Figura.3.5. Cámara Sony Cyber-shot y Celular Sony Xperia Go



Fuente: Elaboración propia

- Huincha de lona métrica

Figura 3.6. Huincha de lona métrica



Fuente: Elaboración propia

- Flexómetro

Figura 3.7. Flexómetros



Fuente: Elaboración propia

- Regla metálica de 3 m.

Figura 3.8. Regla metálica de 3 m.



Fuente: Elaboración propia

- Regla metálica de 20 cm.

Figura 3.9. Regla metálica de 20 cm.



Fuente: Elaboración propia

- Spray Amarillo

Figura 3.10. Spray Amarillo



Fuente: Elaboración propia

- Conos de seguridad

Figura 3.11. Conos de seguridad



Fuente: Elaboración propia

- Chalecos de Seguridad

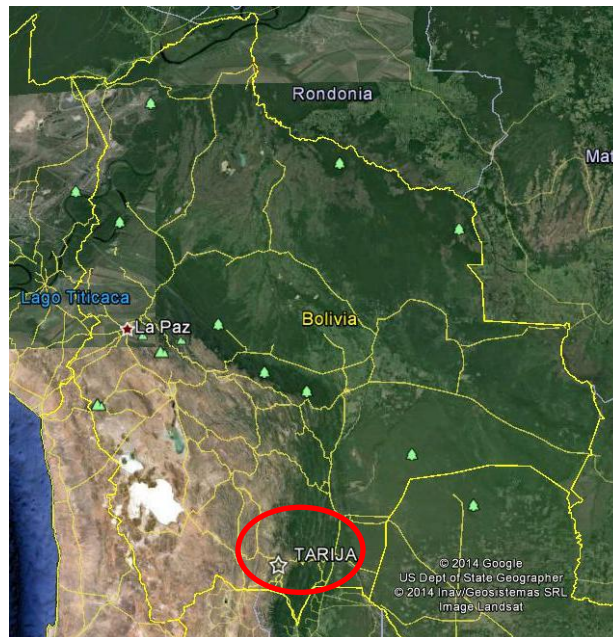
Figura 3.12. Chalecos de seguridad



Fuente: Elaboración propia

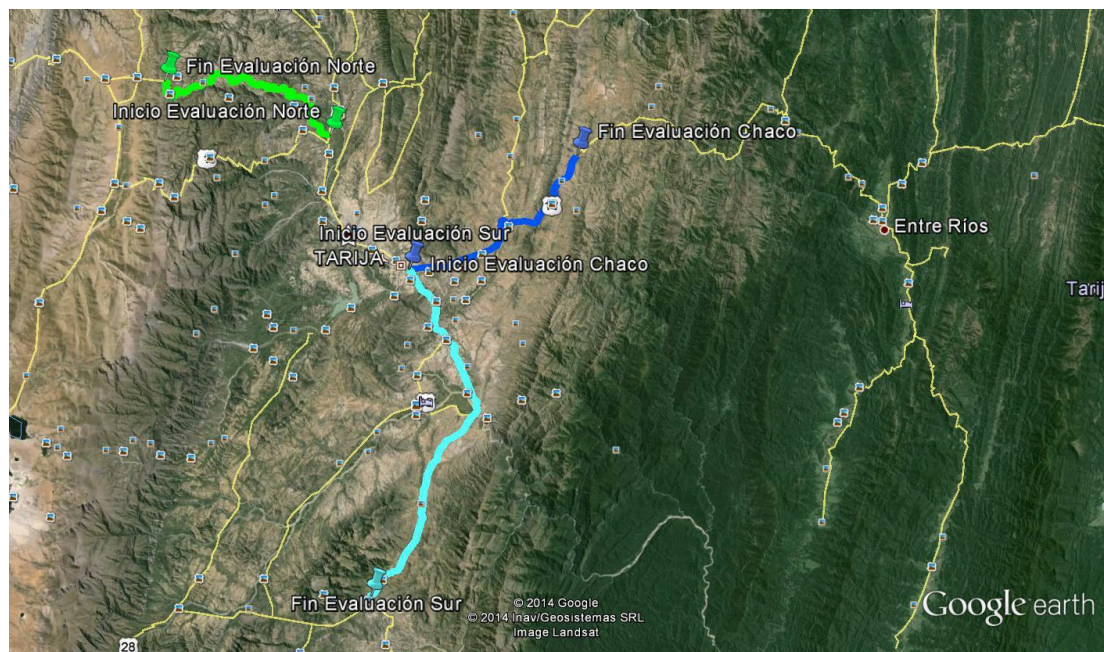
3.4. Ubicación de las carreteras a evaluar

Figura 3.13. Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14. Carreteras a evaluar



Fuente: Elaboración propia

Ubicación geográfica de las carreteras a evaluar

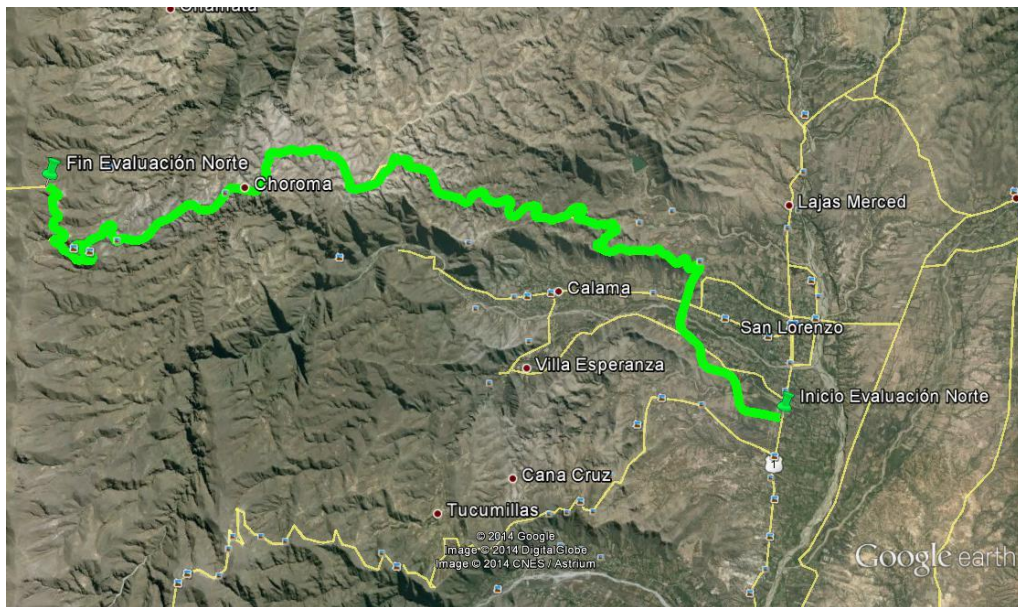
La evaluación del grado de seguridad se la realizará en el departamento de Tarija, en las carreteras principales de la ciudad.

Las coordenadas geográficas y las distancias de las carreteras a estudiar de acuerdo al programa Google Earth Pro y también comprobadas con el GPS GARMIN son las siguientes:

Carretera Norte = 29.7 Km.

- Inicio evaluación (Cruce Rancho – Falda de la Queñua)
 - Latitud 21°26'12.05" S
 - Longitud 64°45'07.72" O
- Fin evaluación (Túnel Falda de la Queñua)
 - Latitud 21°23'12.63" S
 - Longitud 64°55'10.34" O

Figura 3.15. Ubicación carretera Norte

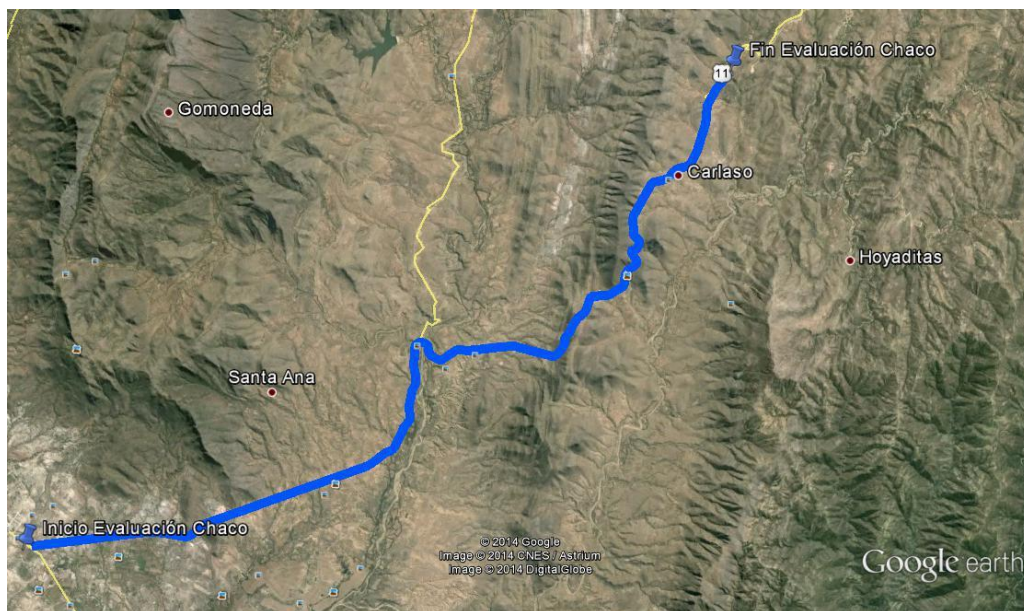


Fuente: Elaboración Propia

Carretera Chaco = 25.9 Km.

- Inicio evaluación (Puesto de Control El Portillo)
 - Latitud 21°33'59.07" S
 - Longitud 64°40'14.93" O
- Fin evaluación (Puente Jarcas, Carlazo)
 - Latitud 21°27'24.09" S
 - Longitud 64°29'46.37" O

Figura 3.16. Ubicación carretera Chaco



Fuente: Elaboración Propia

Carretera Sur = 41.6 Km.

- Inicio evaluación (Puesto de Control El Portillo)
 - Latitud 21°33'59.75" S
 - Longitud 64°40'15.69" O
- Fin evaluación (Ingreso a Padcaya)

- Latitud 21°52'57.48" S
- Longitud 64°42'35.87" O

Figura 3.17. Ubicación Carretera Sur



Fuente: Elaboración propia

3.5. Unidades de estudio y muestreo de las carreteras a evaluar

Se divide la vía en secciones o unidades de muestreo, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

Las carreteras estudiadas tienen un ancho de 7,20 m. y de 7,60 m.

Por lo tanto la longitud máxima a evaluar será 45 m. y la longitud mínima a evaluar será de 18 m.

Se tomó como unidad de muestreo la longitud de 20 m. para evaluar el IRI y los ahuellamientos.

En la evaluación del grado de seguridad se deben inspeccionar las unidades más críticas e inseguras; el número mínimo de unidades de muestreo que deben

evaluarse se obtiene mediante la Ecuación N°2, la cual produce un estimado del $IS \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$N = \frac{L_{Total}}{l_{muestra}} \quad \text{Ecuación N° 1}$$

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N-1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación N°2}$$

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del IS de la sección (e = 5%)

s: Desviación estándar del IS entre las unidades (10 pavimentos flexibles)

Tabla 3.4. Número de muestras y longitud de muestras

Descripción	Norte	Chaco	Sur
Longitud (m)	29700	25900	41600
Ancho (m)	7,20	7,20	7,60
Longitud muestra	20	20	20
N	1485	1295	2080
n	15	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la evaluación del grado de seguridad se inspeccionó las unidades más críticas e inseguras por lo que se escogió 5 tramos de 1 Km. por cada carretera, es decir en la carretera Norte, carretera Chaco y carretera Sur. En los cuales se tienen 3 unidades de muestreo, obteniendo 15 unidades totales evaluadas por cada carretera.

Características y ubicación de los puntos a evaluar según el muestreo

Ubicación con GPS GARMIN

Carretera Norte

- Inicio (Cruce Rancho – Falda de la Queñua)
- Latitud 21°26'11.59" S
- Longitud 64°45'08.90" O

Figura 3.18. Inicio de evaluación carretera Norte



Fuente: Elaboración propia

Primer punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Presencia de parcheo, pavimento irregular, aparente ahuellamiento, pocas señales de tránsito, conductores imprimen altas velocidades.

Se ubica a 4.3 Km. del punto de inicio.

- Latitud 21°24'32.19 " S
- Longitud 64°46'27.07 " O

Figura 3.19. Localización del primer punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

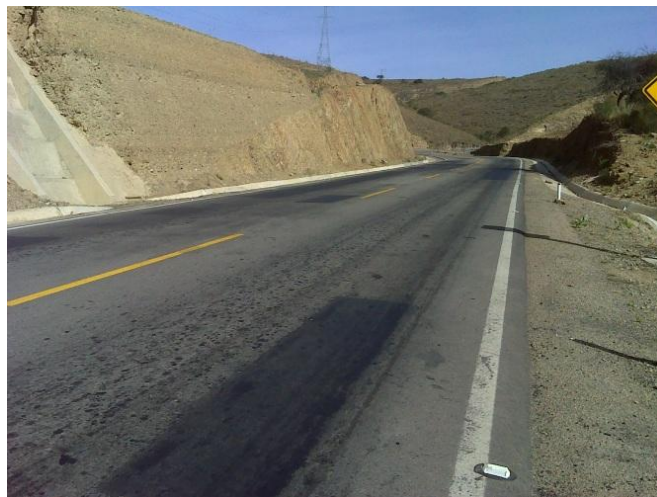
Segundo punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Presencia de parcheo, curvas horizontales, pavimento irregular, aparente ahuellamiento, señales de tránsito escasas, obras de arte menores, barandas deficientes.

Se ubica a 9.9 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}23'35.70''$ S
- Longitud $64^{\circ}47'54.69''$ O

Figura 3.20. Localización del segundo punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Tercer punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Curvas peligrosas, existen cruces con señales de fallecidos, presencia de parcheo, pavimento irregular, ahuellamiento, pocas señales de tránsito, conductores no reducen velocidades.

Se ubica a 13.4 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}23'20.81''$ S
- Longitud $64^{\circ}49'14.52''$ O

Figura 3.21. Localización del tercer punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Cuarto punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Parcheo, pavimento irregular, señales de tránsito escasas, conductores imprimen altas velocidades.

Se ubica a 23.5 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}23'31.39''$ S
- Longitud $64^{\circ}53'33.14''$ O

Figura 3.22. Localización del cuarto punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

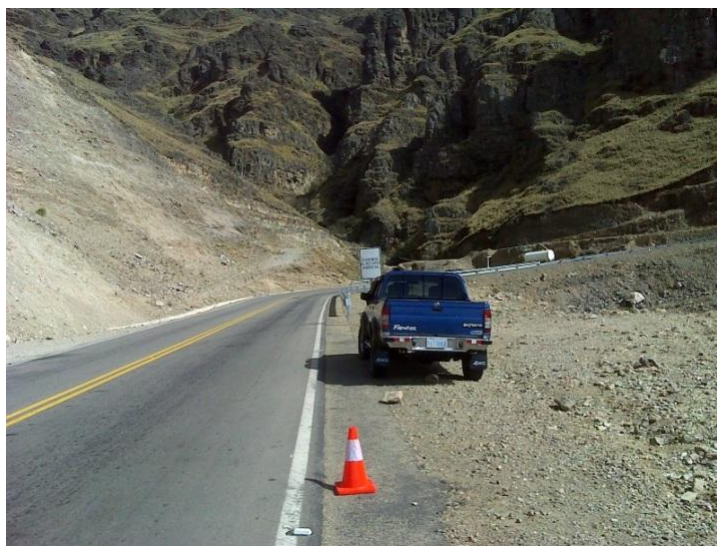
Quinto punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Curvas peligrosas, pendientes altas, parcheo, pavimento irregular, no existe lugar de adelantamiento, conductores imprimen altas velocidades.

Se ubica a 28.1 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}23'55.61''$ S
- Longitud $64^{\circ}55'02.51''$ O

Figura 3.23. Localización del quinto punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Carretera Norte

- Final (Túnel Falda de la Queñua)
 - Latitud $21^{\circ}23'13.82''$ S
 - Longitud $64^{\circ}55'07.14''$ O

Figura 3.24. Final de evaluación carretera Norte



Fuente: Elaboración propia

Carretera Chaco

- Inicio (Control Portillo)
 - Latitud $21^{\circ}33'59.12''$ S
 - Longitud $64^{\circ}40'14.76''$ O

Figura 3.25. Inicio de evaluación carretera Chaco



Fuente: Elaboración propia

Primer punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Curva vertical peligrosa, presencia de parcheo, pavimento irregular, obras de arte sin señalización.

Se ubica a 3.4 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}33'47.95''$ S
- Longitud $64^{\circ}38'14.95''$ O

Figura 3.26. Localización del primer punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Segundo punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Presencia parcheo de gran área, pavimento irregular, aparente ahuellamiento, señales de tránsito escasas.

Se ubica a 16.2 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}31'16.02''$ S
- Longitud $64^{\circ}32'37.10''$ O

Figura 3.27. Localización del segundo punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Tercer punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Zona con piel de cocodrilo, pavimento irregular, parcheo, ahuellamiento, curva horizontal y contra curvas.

Se ubica a 17.9 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}30'52.86''$ S
- Longitud $64^{\circ}32'04.98''$ O

Figura 3.28. Localización del tercer punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

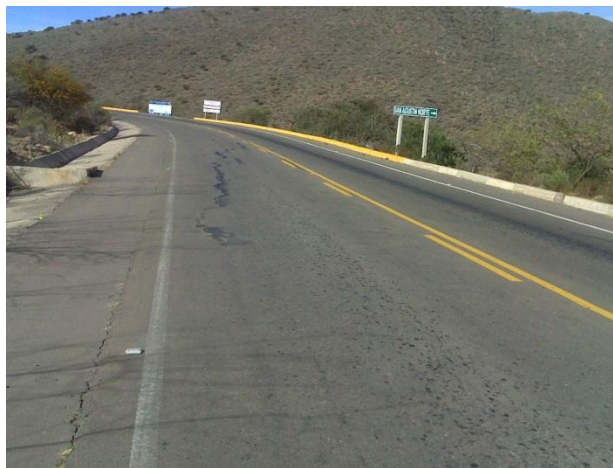
Cuarto punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Parcheo reciente, pavimento irregular, piel de cocodrilo, ahuellamiento, señales de tránsito en mal estado.

Se ubica a 20.0 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}30'16.56''$ S
- Longitud $64^{\circ}31'19.25''$ O

Figura 3.29. Localización del cuarto punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Quinto punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Piel de cocodrilo, grietas longitudinales, parcheo, banquetas dañadas, pavimento irregular.

Se ubica a 21.5 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}29'29.08''$ S
- Longitud $64^{\circ}31'11.74''$ O

Figura 3.30. Localización del quinto punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Carretera Chaco

- Final (Puente Jarcas - Carlazo)
- Latitud $21^{\circ}27'25.8''$ S
- Longitud $64^{\circ}29'47.6''$ O

Figura 3.31. Final de evaluación carretera Chaco



Fuente: Elaboración propia

Carretera Sur

- Inicio (Control Portillo)
 - Latitud 21°34'00.41" S
 - Longitud 64°40'14.75" O

Figura 3.32. Inicio de Evaluación Carretera Sur



Fuente: Elaboración propia

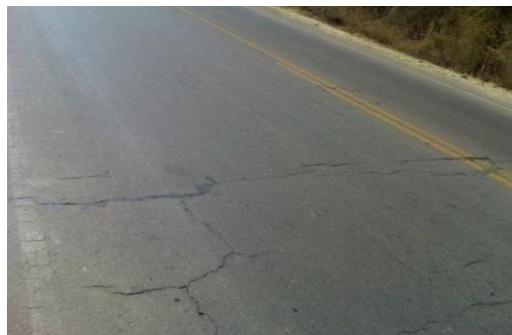
Primer punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Presenta piel de cocodrilo, baches, ahuellamientos, banquina en mal estado, y falta de señalización.

Se ubica a 2.0 Km. del punto de inicio.

- Latitud 21°34'56.53" S
- Longitud 64°39'36.48" O

Figura 3.33. Localización del primer punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Segundo punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Presencia de parcheo, grietas longitudinales, pavimento irregular, piel de cocodrilo, banquetas en mal estado, escasas señales de tránsito.

Se ubica a 7.9 Km. del punto de inicio.

- Latitud 21°37'29.05" S
- Longitud 64°38'26.14" O

Figura 3.34. Localización del segundo punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Tercer punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Existe acceso lateral hacia el Valle, parcheo, grietas longitudinales, pulimiento de agregados.

Se ubica a 9.1 Km. del punto de inicio.

- Latitud 21°38'03.01" S
- Longitud 64°37'50.69" O

Figura 3.35. Localización del tercer punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Cuarto punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Parqueo reciente, pavimento irregular, pulimiento de agregado, grietas longitudinales, marcas de frenadas frecuentes, señales de tránsito escasas.

Se ubica a 25.3 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}45'19.27''$ S
- Longitud $64^{\circ}38'48.77''$ O

Figura 3.36. Localización del cuarto punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Quinto punto para realizar la evaluación del grado de seguridad

Grietas longitudinales, parcheo, banquetas dañadas, pavimento irregular.

Se ubica a 30.2 Km. del punto de inicio.

- Latitud $21^{\circ}51'35.63''$ S
- Longitud $64^{\circ}41'24.57''$ O

Figura 3.37. Localización del quinto punto de evaluación



Fuente: Elaboración propia

Carretera Sur

- Final (Cruce Bermejo - Padcaya)
- Latitud $21^{\circ}52'57.79''$ S
- Longitud $64^{\circ}42'36.21''$ O

Figura 3.38. Final de evaluación carretera Sur



Fuente: Elaboración propia

3.6. Levantamiento de información de los elementos físicos en los sectores particulares y valorización de la seguridad de los elementos físicos (ISef)

Para la medición de los elementos físicos se empleó la tabla 3.5, donde se evaluó las carreteras en estudio por diferentes tramos.

Una vez definido el tramo de la carrera a evaluar, con la ayuda de las progresivas marcadas en las carreteras o con el odómetro del vehículo se determina la distancia y progresivas de los elementos físicos a evaluar cómo ser las calles laterales tabla 2.5, alcantarillas tabla 2.6 y curvas horizontales tabla 2.7 determinando el grado de complejidad de cada elemento, luego se valoriza de acuerdo a las tablas propuestas en el capítulo 2 para la demarcación horizontal de tabla 2.8, señalización vertical tabla 2.9, banquina tabla 2.10 y barandas tabla 2.11.

Acompañada de la evaluación se adjuntan fotografías de cada elemento evaluado ubicado en la parte de anexos.

Se presenta un ejemplo de evaluación de la alcantarilla de figura 3.40 de progresiva 04+540:

Tabla 2.6. Alcantarillas y obras de arte menores

Alcantarillas y obras de arte menores		
Grado	Características	Exigencias
G1	De poca profundidad y longitud tal que permita la adecuada ubicación de la banquina. Sin acumulación de agua en el cauce.	Contar con la señal “Paneles de Prevención” en la dirección del tránsito.

G2	De mediana profundidad generalmente con cabezales. Longitud adecuada para ubicación de banquetas. Puede contener agua acumulada en pequeñas profundidades.	Contar con la señal “Paneles de Prevención” en ambas direcciones del tránsito y banquetas o mojones si no se cumple algunas de las características
G3	De una o más luces con cabezales y banquetas. Alturas mayores a los dos metros. Presencia o no de agua acumulada en el cauce.	Llevarán banquetas. Contar con la señal “Paneles de Prevención” en ambas direcciones del tránsito y en la banqueta la señal “Puente Angosto”

Ejemplo de valorización de alcantarilla de los elementos físicos, de figura 3.40 de progresiva 04+540:

Tabla 2.8. Demarcación horizontal

Demarcación horizontal	
Características	Valor
Pulverización, buen, espesor y reflectividad. Extrusión completa en tipo y forma. Tachas.	0 - 1
Pulverización buen espesor y reflectividad. Extrusión incompleta en tipo y forma. Sin tachas.	2
Pulverización regular espesor y reflectividad.	3
Pulverización incompleta. Mal espesor y reflectividad.	4
Sin demarcación horizontal.	5

Tabla 2.9. Señalización vertical

Señalización vertical	
Características	Valor
Señales informativas y avisos. Especiales completos. Ubicación, forma, estado.	0 – 1
Señales completas. Regular ubicación y estado. Informativas y avisos.	2
Señales incompletas. Buena ubicación, forma y estado.	3
Señales incompletas. Mala ubicación, forma y estado.	4
Sin señalización.	5

Tabla 2.10. Banquina

Banquina	
Características	Valor
Banquinas asfaltadas o mejoradas. Acceso permanente en toda la zona de camino. Calles laterales con boquillas pavimentadas y buena conservación.	0 - 1
Banquinas firmes. Acceso permanente en toda la zona de camino. Calles laterales con boquillas estabilizadas. Buena conservación.	2
Banquinas firmes. Sin acceso permanente a toda la zona de camino (agua, malezas, pendientes inadecuadas, terraplén). Calles laterales con boquillas naturales. Buena conservación.	3
Banquina y zona de camino sin acceso permanente (descalzadas, sin empastar, erosionadas) Calles laterales naturales. Pendientes inadecuadas.	4
Sin Banquinas o inaccesibles. Calles laterales naturales en mal estado. Pendientes inadecuadas.	5

Tabla 2.11. Barandas

Barandas de seguridad	
Características	Valor
Completas. Buen estado. Sin impactos. Bien ancladas. Longitud necesaria.	0 – 1
Completas. Buen estado. Sin impactos. Longitud menor a la necesaria.	2
Incompletas. Regular estado. Deformaciones menores. Menor longitud a la necesaria. Mojones buen estado y cantidad.	3
Incompletas. Mal estado. Menor longitud a la requerida. Mojones regular estado y cantidad inferior a la necesaria.	4
Sin barandas. Mojones en mal estado en mínima cantidad. Sin mojones.	5

Tabla 3.5. Evaluación del ISef, en la carretera Norte, tramo A

Carretera: Norte		Tramo N°: A				Longitud: 1 km.	
Tabla de estado de elementos físicos							
Calzada: Pavimento flexible		Ancho: 7.20 m.				Fecha: 08/10/2014	
Prog.	Elemento	Grado	Factor	Demarc.	Señal.	Banquina	Baranda
04+000	Alcantarilla	G3	2	1	2	2	1
04+250	Calle Lateral	G2	1	2	2	4	1
04+500	Calle Lateral	G1	1	5	5	4	5
04+540	Alcantarilla	G3	2	2	5	3	5
04+700	Calle Lateral	G1	1	2	5	3	5
04+800	Curva Horizontal	G3	2	2	2	3	5
05+000	Curva Horizontal	G3	2	2	1	4	2

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.39. Carretera Norte, calle lateral de grado 2, Prog. 04+250



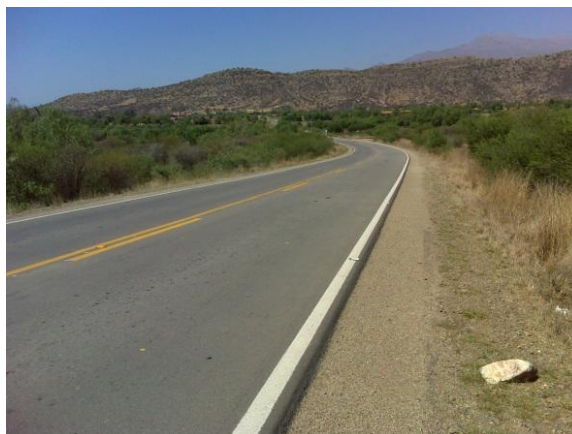
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.40. Carretera Norte, alcantarilla de grado 3, Prog. 04+540



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.41. Carretera Norte, curva horizontal de grado 1, Prog. 04+800



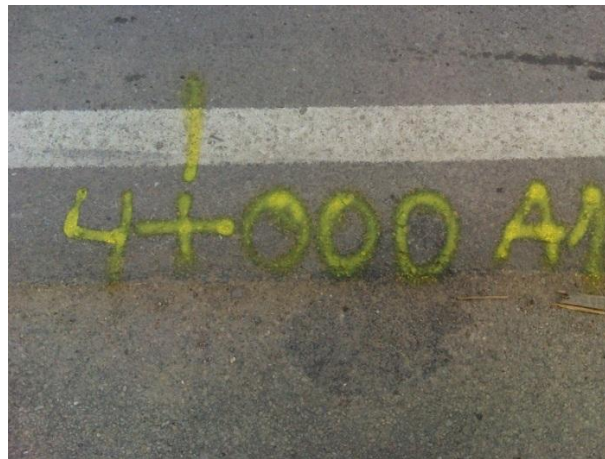
Fuente: Elaboración propia

3.7. Levantamiento de información de los elementos de la calzada (ISc)

Determinación del IRI (Índice de Rugosidad Internacional)

En la determinación del IRI se utilizó el método de nivel de ingeniero y mira topográfica y se hizo el levantamiento de los perfiles longitudinales en los diferentes tramos de las carreteras estudiadas. Para lo cual se evaluó una zona de 20 metros, dividiéndola cada 0.5 metros por cada huella de la calzada, es decir se evaluó las 4 huellas de cada sección.

Figura 3.42. Marca de la progresiva del tramo A, sección 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.43. Marcado de los puntos a evaluar cada 0.5 m.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.44. Levantamiento con nivel de ingeniero y mira topográfica



Fuente: Elaboración propia

Los datos conseguidos se muestran en la tabla 3.6 de la carretera Norte, tramo A, sección 1, en la progresiva 4+000 – 4+020 con un ancho de 7.20 m. y los demás datos se encuentran adjuntos en los anexos.

Tabla 3.6. Tabla de datos de campo IRI

Datos de campo IRI					
Nº	Distancia m.	Carril Derecho		Carril Izquierdo	
		Huella Externa	Huella Interna	Huella Externa	Huella Interna
1	0,0	1524	1488	1542	1505

2	0,5	1522	1487	1539	1503
3	1,0	1518	1484	1538	1503
4	1,5	1515	1482	1537	1501
5	2,0	1514	1480	1534	1499
6	2,5	1514	1480	1530	1499
7	3,0	1510	1479	1530	1497
8	3,5	1506	1477	1529	1496
9	4,0	1504	1475	1526	1495
10	4,5	1500	1469	1523	1493
11	5,0	1495	1471	1519	1491
12	5,5	1494	1469	1516	1485
13	6,0	1490	1464	1513	1479
14	6,5	1487	1459	1510	1474
15	7,0	1484	1457	1506	1469
16	7,5	1477	1451	1502	1467
17	8,0	1474	1446	1497	1461
18	8,5	1473	1437	1493	1456
19	9,0	1467	1435	1488	1444

20	9,5	1464	1433	1486	1443
21	10,0	1458	1425	1479	1443
22	10,5	1454	1422	1474	1438
23	11,0	1448	1418	1467	1436
24	11,5	1444	1417	1464	1433
25	12,0	1441	1416	1457	1427
26	12,5	1436	1410	1453	1420
27	13,0	1430	1409	1447	1417
28	13,5	1426	1406	1443	1415
29	14,0	1424	1404	1436	1407
30	14,5	1418	1399	1434	1404
31	15,0	1415	1393	1431	1403
32	15,5	1412	1388	1427	1397
33	16,0	1406	1385	1424	1396
34	16,5	1403	1382	1421	1394
35	17,0	1401	1378	1417	1388
36	17,5	1398	1376	1414	1385
37	18,0	1396	1371	1405	1380

38	18,5	1388	1366	1395	1373
39	19,0	1384	1363	1392	1367
40	19,5	1382	1359	1387	1358
41	20,0	1376	1355	1384	1353

Fuente: Elaboración propia

Medición del ahuellamiento

En la medición del ahuellamiento se utilizó una regla metálica de 20 cm. y una regla metálica de 3 m. de longitud, en cada una de las cuatro huellas externa e interna del carril derecho e izquierdo de la calzada; se realizó la medición como se muestra en la figura 3.45. y se presenta a continuación en la tabla 3.7. para la carretera Norte, tramo A, sección 1, en un ancho de 7.20 m.

Tabla 3.7. Tabla de datos de campo de ahuellamiento

Tabla estado de fallas de la calzada (ahuellamiento)				
Segmento	Carril	Distancia (m.)	Huella	Profundidad de Huella (mm.)
1	Derecho	0	Externa	2
			Interna	1
	Izquierdo	0	Externa	2
			Interna	3
2	Derecho	1.0	Externa	1
			Interna	1

	Izquierdo	1.0	Externa	2
			Interna	3
3	Derecho	10.0	Externa	3
			Interna	2
	Izquierdo	10.0	Externa	2
			Interna	1
4	Derecho	19.0	Externa	5
			Interna	2
	Izquierdo	19.0	Externa	1
			Interna	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.45. Medición de ahuellamiento



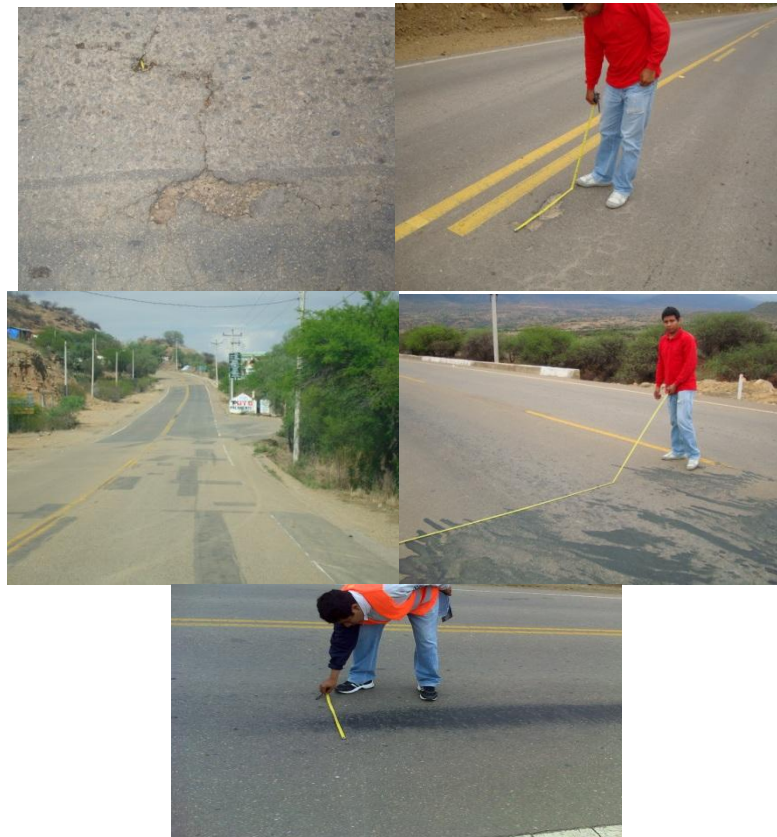
Fuente: Elaboración propia

Medición de exudación y baches

Con la ayuda de un flexómetro se hizo el recorrido de cada uno de los tramos para identificar las fallas de exudación, baches y parcheo, registrándolos en la tabla 3.8

para la carretera Chaco, tramo B, de longitud de 1 Km.; también se presentan fotografías en la figura 3.46.

Figura 3.46. Medición de exudación y baches



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8. Tabla de datos de campo de exudación y baches

Tabla estado de fallas de la calzada (Exudación y baches)						
Nº	Exudación cm.		Baches cm.		Exudación área m ²	Baches área m ²
	A	B	C	D		
1	30	170	60	360	0,510	2,160
2	20	40	225	250	0,080	5,625

3	100	800	360	5280	8,000	190,080
4	360	250	2005	100	9,000	20,050
5	100	100	170	2120	1,000	36,040
6	50	100	360	3520	0,500	126,720
7	20	150	320	110	0,300	3,520
8	50	150	100	230	0,750	2,300
9	25	40	260	1760	0,100	45,760
10	260	100	140	2240	2,600	31,360
11	100	1280	90	1120	12,800	10,080
12	140	4700	80	1520	65,800	12,160
13	50	1500	720	1240	7,500	89,280
14			80	220		1,760
15			85	180		1,530
16			200	130		2,600
17			100	270		2,700
18			110	1440		15,840
19			100	7120		71,200
20			90	12640		113,760

21			90	3600		32,400
22			700	120		8,400
23			370	300		11,100
24			360	500		18,000

Fuente: Elaboración propia

3.8. Localización de señalización de tránsito en las carreteras en estudio

Para hacer el inventario de las señales de tránsito se hizo un recorrido total de las tres carreteras en estudio.

Se lo realizó con la ayuda de un vehículo, midiendo las distancias en el odómetro por la falta de progresivas marcadas en las carreteras y en cada señal de tránsito se tomaba la fotografía de cada una de ellas y se evaluaba el estado de la señal.

El inventario presentado a continuación es de la carretera Norte con una longitud total de 29.7 Km.

Tabla 3.9. Tabla de inventario y localización de señales de tránsito

Inventario de señales de tránsito					
Nº	Progresiva	Señal	Descripción	Fotografía	Estado
1	0+080	Preventiva	Reductor de Velocidad	DSC 1199	Regular
2	0+080	Preventiva	Reductor de Velocidad	DSC 1198	Bueno
3	0+100	Informativa	Protejamos el Medio Ambiente	DSC 1197	Bueno
4	0+180	Preventiva	Intersección en T	DSC 1196	Regular
5	0+290	Reglamentaria	Derecho de vía	DSC 1195	Regular

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.47. Fotografías de señales de tránsito



Fuente: Elaboración propia

3.9. Localización de las obras de protección, zonas peligrosas e inseguras

Para el inventario de las obras de protección, zonas peligrosas y zonas inseguras se hizo un recorrido total de las tres carreteras en estudio y con la ayuda de un vehículo, midiendo las distancias en el odómetro, se tomaba la fotografía de cada una de las consideradas lugares seguros e inseguros, haciendo la ubicación de barandas de protección, reductores de velocidad, obras de arte como puentes, derrumbes, arbustos o árboles que invaden la vía, ganado suelto y cruces.

En la siguiente tabla se muestra el inventario de la carretera Norte con una longitud de 29.7 Km.

Tabla 3.10. Inventario de obras de protección, zonas peligrosas e inseguras

Inventario de obras de protección, zonas peligrosas e inseguras				
Nº	Progresiva	Observación	Fotografía	Estado
1	0+050	Reductor de velocidad	DSC 0952	Regular
2	0+400	Baranda al lado derecho de la vía	DSC 0954	Bueno
3	0+900	Baranda al lado izquierdo de la vía	DSC 0955	Bueno

4	1+400	Puente Río Seco	DSC 0956	Bueno
5	2+900	Baranda al lado derecho de la vía	DSC 0957	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.48. Fotografías de obras de protección y zonas inseguras N°1 y N°2



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.49. Fotografías de obras de protección y zonas inseguras N°3, N°4 y N°5



Fuente: Elaboración propia

3.10. Priorización, reparación, implementación y mantenimiento

Para la priorización de las zonas a corregir, mediante las alternativas de corrección, se propone con fines de análisis las siguientes tablas con colores que representan la necesidad de mantenimiento, reparación o implementación de las fallas o deficiencias de las carreteras estudiadas.

Tabla 3.11. Priorización y necesidad de mantenimiento en carreteras

Descripción	Color
Muy necesario en su reparación, mantenimiento o implementación. De máxima prioridad para la seguridad.	
Necesario en su reparación, mantenimiento o implementación. De mediana prioridad para la seguridad.	
Mantenimiento de mejoramiento para garantizar el buen estado y funcionamiento. De menor prioridad, pero de atención permanente para mantener la seguridad que ofrece el elemento.	

Fuente: Elaboración propia

También se sugiere la tabla 3.12. donde se indica el tipo de mantenimiento que necesitan los elementos estudiados, a partir de criterios propios, para aumentar la seguridad de las carreteras evaluadas.

Tabla 3.12. Alternativas de mantenimiento en las carreteras

Alternativas de mantenimiento y reparación de carreteras		
Indice	Fallas	Mantenimiento y conservación
ISef	Demarcación Horizontal	Mantenimiento y cuidado rutinario de las líneas de demarcación y de marcas viales.
	Señalización Vertical	Limpieza, reparación ó reposición de señales verticales, postes de referencia. Implementación en los lugares donde falta señalización.

	Banquina	Limpieza y reparación de banquetas o en caso de ser necesarias la reconstrucción o ampliación.
	Barandas	Limpieza, reparación ó reposición de defensas las metálicas y barandas. Implementación de barandas.
ISc	IRI > 3.5 m/Km	Mantenimiento rutinario ó periódico respectivamente, según el valor indicativo del IRI.
	Ahuellamiento	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo superficial, parcheo profundo, sobrecarpeta, tratamiento superficial.
	Exudación	Mantenimiento rutinario ó periódico con aplicación de arena precalentada si fuera necesario.
	Baches	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo parcial, parcheo profundo. En el caso de ser necesario sobrecarpeta o reconstrucción.

Fuente: Elaboración propia

3.11. Cálculos métricos y precios unitarios

Se presenta los cálculos métricos realizados de acuerdo a los elementos físicos y de fallas de la calzada para proponer alternativas de solución, y así poder realizar los costos para aumentar la seguridad en los elementos estudiados en las carreteras.

Tabla 3.13. Cómputos métricos elementos físicos

Cómputos métricos elementos físicos Norte								
N°	Descripción	Unidad	N° Veces	Dimensiones			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto		
1	Colocación de barreras de seguridad Flex Beam	ML	1	990			990,00	990,00
2	Delineadores direccionales simples de curva horizontal	PZA.	295				295,00	295,00
3	Señal preventiva romboidal 0,60 x 0,60 m	PZA.	10				10,00	10,00
4	Señal restrictiva rectangular 0,60 x 0,90 m	PZA.	2				2,00	2,00
5	Señal informativa de localización, una línea 110x40 cm	PZA.	5				5,00	5,00
6	Postes para señales verticales	PZA.	18				18,00	18,00

Cómputos métricos elementos físicos Chaco								
N°	Descripción	Unidad	N° Veces	Dimensiones (m)			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto		
1	Colocación de barreras de seguridad Flex Beam	ML	1	1.370			1.370,00	1.370,00
2	Delineadores direccionales simples de curva horizontal	PZA.	124					124,00
3	Pintado de la superficie de rodadura blanca a=0,12m	ML	2	6.500			6.500,00	13.000,00
4	Pintado de la superficie de rodadura amarilla a=0,12m	ML	1	8.938			8.937,50	8.937,50
5	Tachas reflectivas bidireccionales eje de calzada	PZA.	542					541,67
6	Tachas reflectivas bidireccionales borde de calzada	PZA.	1.083					1.083,33
7	Señal preventiva romboidal 0,60 x 0,60 m	PZA.	23					23,00
8	Señal restrictiva rectangular 0,60 x 0,90 m	PZA.	7					7,00
9	Señal informativa de localización, una línea 110x40 cm	PZA.	4					4,00
10	Postes para señales verticales	PZA.	15					15,00

Cómputos métricos elementos físicos Sur								
N°	Descripción	Unidad	N° Veces	Dimensiones			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto		
1	Colocación de barreras de seguridad Flex Beam	ML	1	1.550			1.550,00	1.550,00
2	Delineadores direccionales simples de curva horizontal	PZA.	198					198,00
3	Pintado de la superficie de rodadura blanca a=0,12m	ML	2	41.600			41.600,00	83.200,00
4	Pintado de la superficie de rodadura amarilla a=0,12m	ML	1,5	10.400			10.400,00	15.600,00
5	Tachas reflectivas bidireccionales eje de calzada	PZA.	3.467					3.466,67
6	Tachas reflectivas bidireccionales borde de calzada	PZA.	6.933					6.933,33
7	Señal preventiva romboidal 0,60 x 0,60 m	PZA.	30					30,00
8	Señal restrictiva rectangular 0,60 x 0,90 m	PZA.	10					10,00
9	Señal informativa de localización, una línea 110x40 cm	PZA.	17					17,00
10	Postes para señales verticales	PZA.	33					33,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14. Cómputos métricos de las fallas de la calzada

Cómputos métricos fallas calzada Norte								
N°	Descripción	Unidad	N° Veces	Dimensiones			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto		
1	Bacheo profundo (Incluye base)	M2		6.844,28			6.844,28	6.844,28
2	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	M2		6.844,28			6.844,28	6.844,28
3	Remoción o demolición de pqte estructural	M3		6.844,28		0,15	1.026,64	1.026,64
4	Transporte de carpeta asfáltica prep.	M3-KM	20	6.844,28		0,05	342,21	6.844,28

Cálculos métricos fallas calzada Chaco								
Nº	Descripción	Unidad	Nº Veces	Dimensiones (m)			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto		
1	Conf. capa sub-base (prov, ejec; s/tran)	M3		6.500,00	7,20	0,15	7.020,00	7.020,00
2	Conf. capa base (prov y ejec; s/transp)	M3		6.500,00	7,20	0,15	7.020,00	7.020,00
3	Carpeta asfáltica (prov y ejec; s/trans) e = 5 cm.	M3		6.500,00	9,20	0,05	2.990,00	2.990,00
4	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	M2		6.500,00	9,20		59.800,00	59.800,00
5	Remoción o demolición de pqte estructural	M3		6.500,00	9,20	0,35	20.930,00	20.930,00
6	Transporte de carpeta asfáltica prep.	M3-KM	20	6.500,00	9,20	0,05	2.990,00	59.800,00
7	Transporte de áridos clasif. o triturados	M3-KM	20	6.500,00	7,20	0,30	14.040,00	280.800,00

Cómputos métricos fallas calzada Sur								
N°	Descripción	Unidad	N° Veces	Dimensiones			Parcial	Total
				Largo	Ancho	Alto		
1	Reparación de deformaciones superficiales	M2		42.199,5			42.199,51	42.199,51
2	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	M2		41.600,0	9,20		382.720,00	382.720,00
3	Carpeta asfáltica (prov y ejec; s/trans) e = 3 cm.	M3		41.600,0	9,20	0,03	11.481,60	11.481,60
4	Transporte de carpeta asfáltica prep.	M3-KM	20	41.600,0	9,20	0,05	19.136,00	382.720,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15. Precios unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
		Proyecto:	Evaluación de Carreteras según el grado de Seguridad				
		Actividad:	COLOCACIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD FLEX BEAM				
		Cantidad:					
		Unidad:				ML	
		Moneda:				BOLIVIANOS	
1.- MATERIALES							
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total		
1	BARRERA DE PROTECCION FLEX BEAM	ML	1,00	440,00	440,00		
2	SOLDADURA	KG.	1,97	17,80	35,08		
3	ARENA ZARANDEADA	M3	0,01	55,00	0,55		
4	GRAVA SIN SOBRETAMAÑO	M3	0,01	60,50	0,61		
5	CEMENTO	KG.	2,40	1,01	2,43		
6					0,00		
7					0,00		
8					0,00		
	TOTAL MATERIALES				478,66		
2.- MANO DE OBRA							
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total		
1	ALBAÑIL	HR.	0,30	11,81	3,54		
2	PEÓN	HR.	0,30	8,44	2,53		
3	SOLDADOR	HR.	0,50	13,50	6,75		
4					0,00		
5					0,00		
6					0,00		
7					0,00		
8					0,00		
SUBTOTAL MANO DE OBRA				12,83			
	CARGAS SOCIALES % DEL SUBTOTAL DE MANO DE OBRA (55% al 71,18%)			55,00%	7,05		
	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO % SUBTOT MANO DE OBRA + CARGAS SOCIALES			14,94%	2,97		
TOTAL MANO DE OBRA				22,85			

3.- EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo Total
1	VOLQUETA 5 M3	HR.	0,02	115,00	1,84
2	MOTOSOLDADOR	HR.	0,50	92,00	46,00
3					0,00
4					0,00
5					0,00
6					0,00
7					0,00
8					0,00
	HERRAMIENTAS % DEL TOTAL DE LA MANO DE OBRA			5,00%	1,14
	TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS				48,98
4.- GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					
	GASTOS GENERALES % DE 1+2+3			10,00%	55,05
	TOTAL GASTOS GENERALES				55,05
5.- UTILIDAD					
	UTILIDAD % DE 1+2+3 +4			7,00%	42,39
	TOTAL UTILIDAD				42,39
6.- IMPUESTOS					
	IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES % DE 1+2+3+4+5			3,09%	20,02
	TOTAL IMPUESTOS				20,02
	TOTAL PRECIO UNITARIO				667,95

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

Análisis de evaluación del grado de seguridad

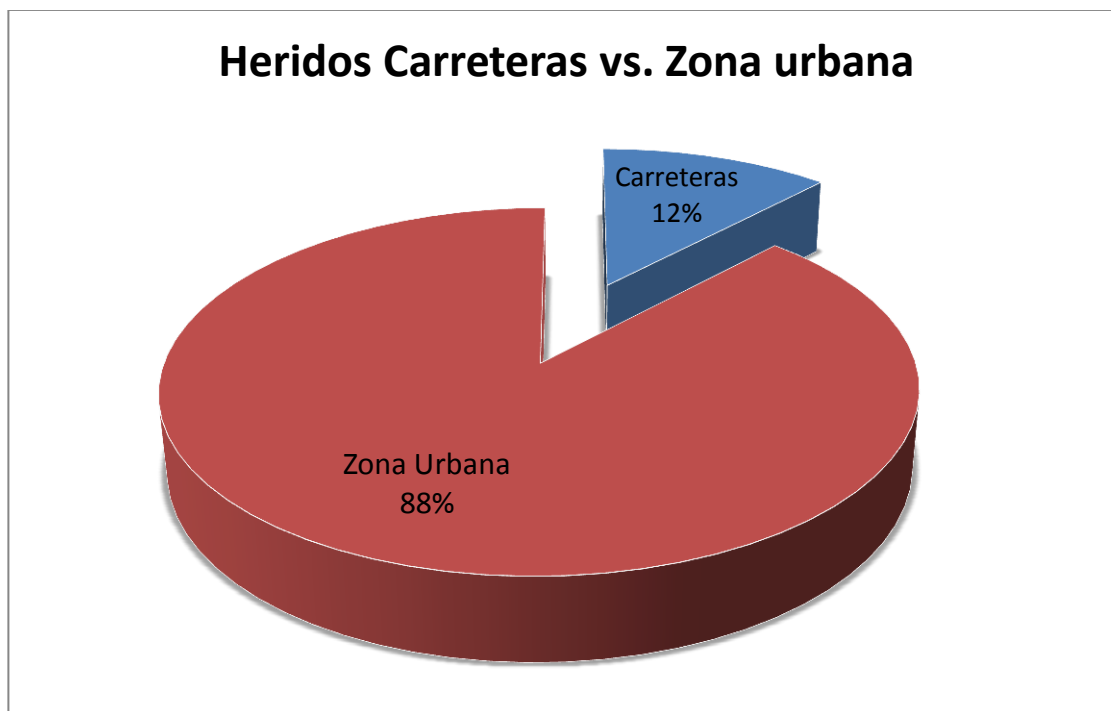
4.1. Análisis de accidentes de tránsito

Tabla 4.1. Resumen de heridos y muertos en accidentes de tránsito 2013

Heridos y muertos en ciudad de Tarija		
Vías	Heridos	Muertos
Carreteras	35	17
Vías de zona urbana	257	5
Total	292	22

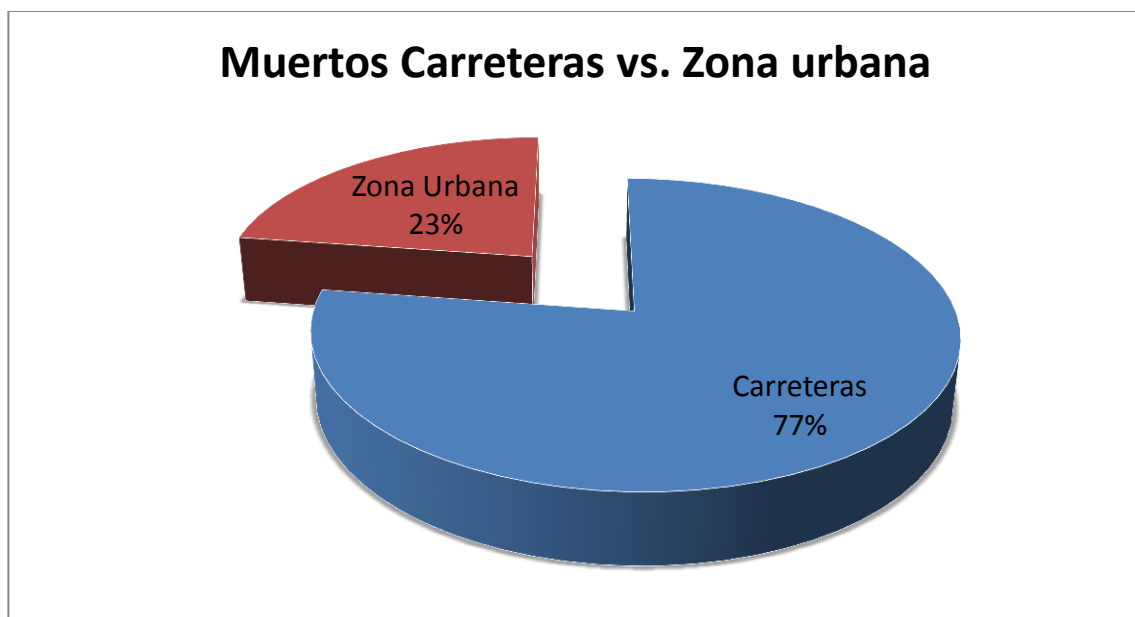
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1. Heridos de carreteras y en zonas urbanas 2013



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2. Muertos en carreteras y en zonas urbanas



Fuente: Elaboración propia

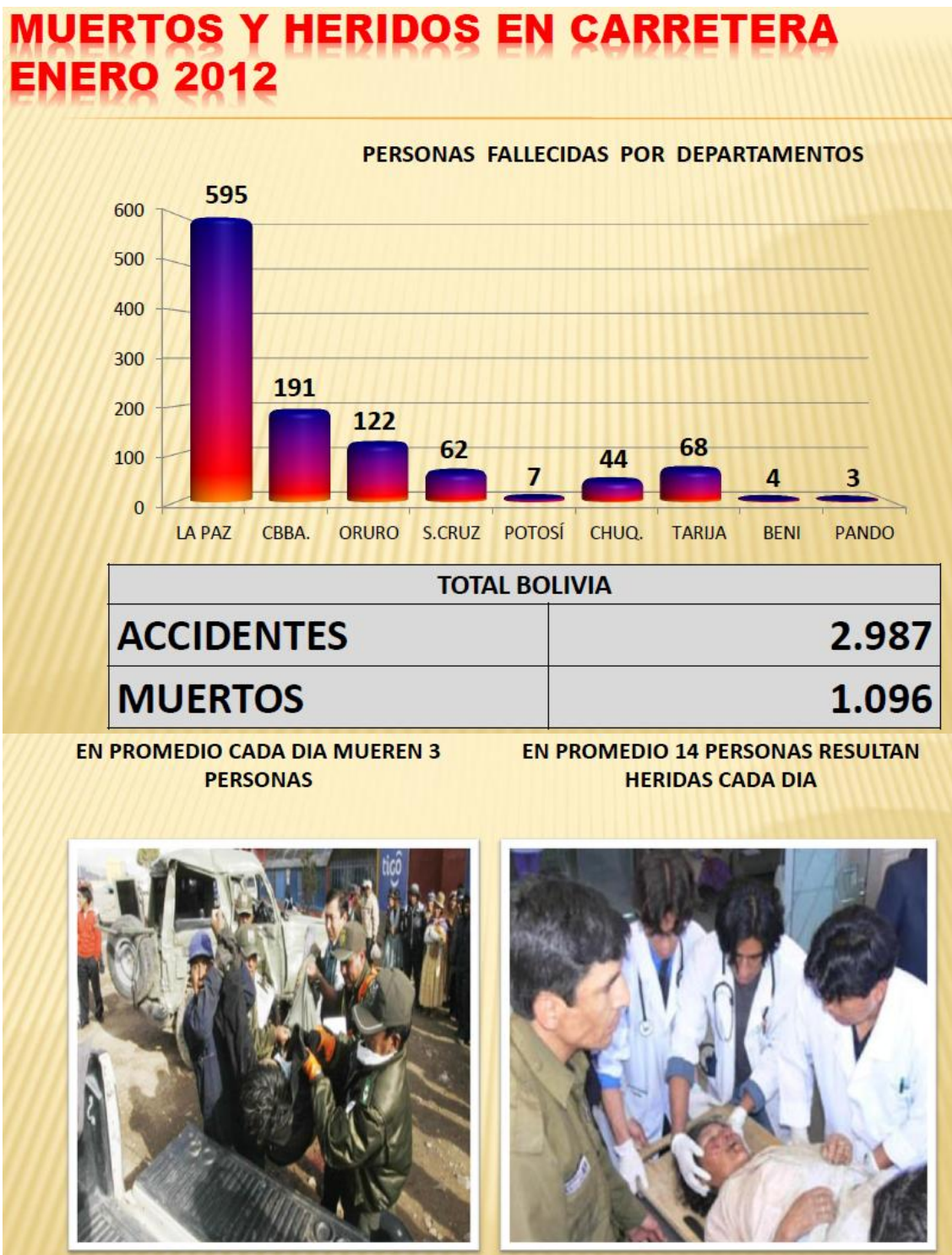
Según los datos obtenidos de los accidentes de tránsito, se observa que en la ciudad de Tarija, existen accidentes que causan muertes y heridos, lo cual es un indicador que hay serios problemas en nuestras vías, porque son ahí donde estos fueron registrados y que en las carreteras la mortalidad es mayor que las que ocurren en las vías de zonas urbanas.

Muestran claramente que las carreteras son inseguras ya sea por diferentes elementos o parámetros que afectan la seguridad y los cuales deben ser estudiados y evaluados para evitar que sigan ocurriendo pérdidas de vidas y aumenten los heridos a causa de estos conflictos.

En la figura 4.3. se observa claramente que el departamento de Tarija se encuentra en cuarto lugar con más personas fallecidas siendo precedido por los departamentos de Oruro, Cochabamba y La Paz.

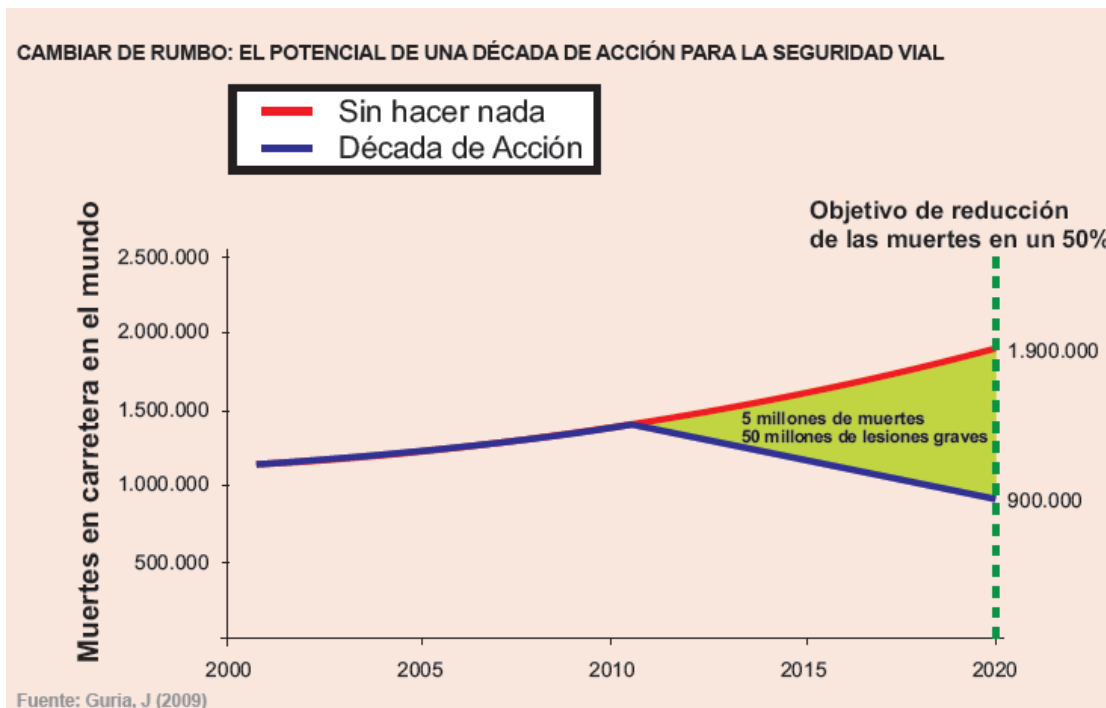
Es por lo que el departamento de Tarija es peligroso en sus carreteras por ser un departamento con pocos habitantes, pero con una gran cantidad de fallecidos en comparación con los otros departamentos.

Figura 4.3. Personas fallecidas por departamentos



Fuente: Periódico La Razón

Figura 4.4. Acciones a favor de la seguridad vial



Fuente: Una década de acción para la seguridad vial

Si se toma acción en la seguridad de las carreteras como indica el gráfico de la figura 4.4 entonces se podría reducir las muertes en las carreteras y así cambiar el rumbo de tasas de mortalidad por accidentes de tránsito.

Según la proyección de expertos se dice que si se toma medidas de seguridad para las carreteras a nivel mundial desde el año 2010 hasta el año 2020, se salvaría la vida de más o menos un millón de personas. Entonces el estudio realizado para la evaluación del grado de seguridad es un aporte para conocer el estado e indicar la seguridad de las carreteras de nuestro departamento.

4.2. Cálculos de la evaluación del grado de seguridad en carreteras

Para el cálculo del índice de seguridad se debe calcular el índice de seguridad en función de los elementos físicos (ISef) y el índice en función de los elementos de la calzada (ISc), para así obtener el índice del grado de seguridad y los cuales se presentan a continuación:

4.2.1. Cálculos del índice de seguridad en función de los elementos físicos (ISef)

Para el cálculo del ISef, se multiplica el factor del grado de complejidad por la valorización que se asigna a la demarcación horizontal, señalización vertical, banquina y barandas según las características que se tomó en cuenta para su respectiva evaluación de dichos elementos.

A continuación se presenta el cálculo que se realiza para la carretera de pavimento flexible Norte, en el tramo A, de longitud de 1 Km y 7.20 m. de ancho.

Tabla 4.2. Tabla de datos de campo ISef

Tabla de estado de elementos físicos							
Prog.	Elemento	Grado	Factor	Demarc. Horizontal	Señal. Vertical	Banquina	Baranda
04+000	Alcantarilla	G3	2	1	2	2	1
04+250	Calle Lateral	G2	1	2	2	4	1
04+500	Calle Lateral	G1	1	5	5	4	5
04+540	Alcantarilla	G3	2	2	5	3	5
04+700	Calle Lateral	G1	1	2	5	3	5
04+800	Curva Horizontal	G3	2	2	2	3	5
05+000	Curva Horizontal	G3	2	2	1	4	2

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de la Prog. 04+000 de elemento alcantarilla donde el factor es 2 y el valor evaluado de la demarcación horizontal es 1, entonces multiplicamos $2 \times 1 = 2$ y se coloca en la siguiente tabla, para la carretera de pavimento flexible

Norte, en el tramo A, de 1 Km. de longitud y 7.20 m. de ancho y es presentada a continuación:

Tabla 4.3. Tabla resultados ISef

Tabla de estado de elementos físicos						
Prog.	Elemento	Fotografía	Demarc. Horizontal	Señal. Vertical	Banquina	Baranda
04+000	Alcantarilla	001 DSC00960	2	4	4	2
04+250	Calle Lateral	002 DSC00083	2	2	4	1
04+500	Calle Lateral	003 DSC00086	5	5	4	5
04+540	Alcantarilla	004 DSC00084	4	10	6	10
04+700	Calle Lateral	005 DSC00088	2	5	3	5
04+800	Curva Horizontal	006 DSC00089	4	4	6	10
05+000	Curva Horizontal	007 DSC00090	4	2	8	4
VALORES PROMEDIOS			3,286	4,571	5,000	5,286

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4. Tabla de coeficientes de valorización de elementos físicos

ÍNDICE DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS FÍSICOS			
D1	D2	D3	D4
Demarcación Horizontal	Señalización Vertical	Banquina	Barandas

Fuente: Elaboración propia

Una vez multiplicados los valores se saca el promedio de cada parámetro y cada

uno de estos promedios se lo introduce a la ecuación N° 7 del índice de seguridad y se calcula el valor del ISef.

$$IS = 10 * e^{-(0.06*D1+0.05*D2+0.05*D3+0.06*D4)} \text{ Ecuación N° 7}$$

$$IS = 10 * e^{-(0.06*3.286+0.05*4.571+0.05*5.000+0.06*5.286)}$$

Índice de Seguridad de los elementos físicos	ISef →	3,705
---	---------------	--------------

Para el cálculo de los demás índices de seguridad de los elementos físicos, están adjuntados en la parte de los anexos.

Tabla 4.5. Resultados finales ISef

Índice de seguridad de elementos físicos ISef			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	3,705	3,295	1,706
B	3,939	5,117	2,214
C	3,155	3,038	2,974
D	3,072	2,954	2,825
E	2,876	3,481	2,059

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Cálculo del índice de seguridad según fallas de la calzada (ISc)

Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Para calcular el IRI, se utilizó el programa colombiano INPACO, realizado por los ingenieros Alfonso Valencia, Eduardo Castañeda y Efraín Solano.

Previamente se calculó las cotas de cada tramo y se realizó la corrección de los datos de campo del nivel de ingeniero y mira topográfica.

En la tabla 4.6. se presenta el cálculo para la carretera Norte, en el tramo A, en la progresiva 4+000 hasta la progresiva 4+020.

Tabla 4.6. Cálculo de cotas para determinar el IRI

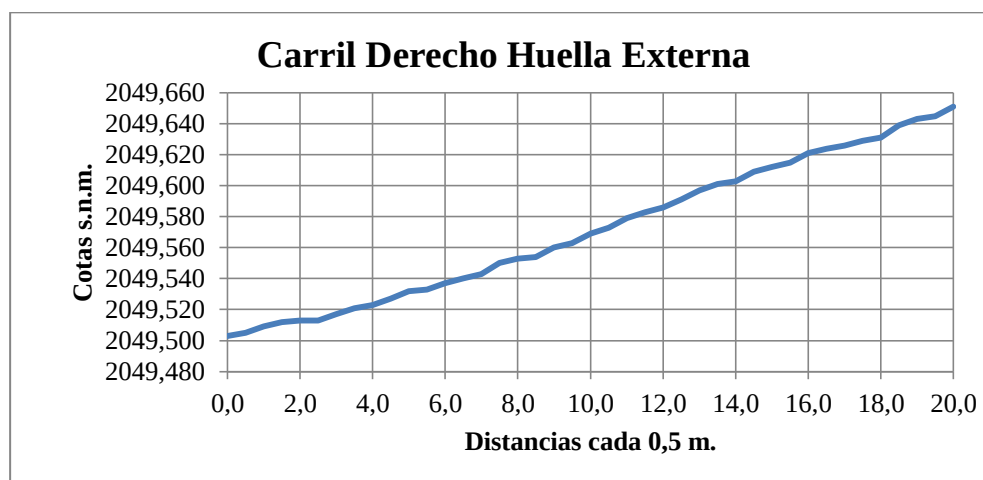
Cálculo de cotas					
Nº	Distancia	Carril Derecho		Carril Izquierdo	
		Cota Externa	Cota Interna	Cota Externa	Cota Interna
1	0,0	2049,503	2049,503	2049,503	2049,503
2	0,5	2049,505	2049,504	2049,506	2049,505
3	1,0	2049,509	2049,507	2049,507	2049,505
4	1,5	2049,512	2049,509	2049,508	2049,507
5	2,0	2049,513	2049,511	2049,511	2049,509
6	2,5	2049,513	2049,511	2049,515	2049,509
7	3,0	2049,517	2049,512	2049,515	2049,511
8	3,5	2049,521	2049,514	2049,516	2049,512
9	4,0	2049,523	2049,516	2049,519	2049,513
10	4,5	2049,527	2049,522	2049,522	2049,515
11	5,0	2049,532	2049,520	2049,526	2049,517
12	5,5	2049,533	2049,522	2049,529	2049,523

13	6,0	2049,537	2049,527	2049,532	2049,529
14	6,5	2049,540	2049,532	2049,535	2049,534
15	7,0	2049,543	2049,534	2049,539	2049,539
16	7,5	2049,550	2049,540	2049,543	2049,541
17	8,0	2049,553	2049,545	2049,548	2049,547
18	8,5	2049,554	2049,554	2049,552	2049,552
19	9,0	2049,560	2049,556	2049,557	2049,564
20	9,5	2049,563	2049,558	2049,559	2049,565
21	10,0	2049,569	2049,566	2049,566	2049,565
22	10,5	2049,573	2049,569	2049,571	2049,570
23	11,0	2049,579	2049,573	2049,578	2049,572
24	11,5	2049,583	2049,574	2049,581	2049,575
25	12,0	2049,586	2049,575	2049,588	2049,581
26	12,5	2049,591	2049,581	2049,592	2049,588
27	13,0	2049,597	2049,582	2049,598	2049,591
28	13,5	2049,601	2049,585	2049,602	2049,593
29	14,0	2049,603	2049,587	2049,609	2049,601
30	14,5	2049,609	2049,592	2049,611	2049,604

31	15,0	2049,612	2049,598	2049,614	2049,605
32	15,5	2049,615	2049,603	2049,618	2049,611
33	16,0	2049,621	2049,606	2049,621	2049,612
34	16,5	2049,624	2049,609	2049,624	2049,614
35	17,0	2049,626	2049,613	2049,628	2049,620
36	17,5	2049,629	2049,615	2049,631	2049,623
37	18,0	2049,631	2049,620	2049,640	2049,628
38	18,5	2049,639	2049,625	2049,650	2049,635
39	19,0	2049,643	2049,628	2049,653	2049,641
40	19,5	2049,645	2049,632	2049,658	2049,650
41	20,0	2049,651	2049,636	2049,661	2049,655

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5. Cotas vs. Distancias del carril derecho huella externa, Norte, tramo A1



Fuente: Elaboración propia

Se hace la corrección de las cotas para poder ingresarlas al programa como un plano horizontal sin afectar la corrugación del plano inclinado que se logró obtener de los datos de campo.

En la tabla 4.7. se muestra la corrección para la carretera Norte, en el tramo A, para la progresiva 4+000 hasta la progresiva 4+020.

Tabla 4.7. Corrección de cotas para introducir al programa IRI

CORRECCIÓN DE COTAS PARA PROGRAMA IRI					
A1		Código			
		Cód. 0001	Cód. 0002	Cód. 0003	Cód. 0004
Nº	Distancia	Carril Derecho		Carril Izquierdo	
		Cota Externa	Cota Interna	Cota Externa	Cota Interna
1	0,00	2049,501	2049,502	2049,500	2049,501
2	0,50	2049,499	2049,500	2049,502	2049,503
3	1,00	2049,500	2049,501	2049,502	2049,501
4	1,50	2049,502	2049,501	2049,500	2049,501
5	2,00	2049,503	2049,503	2049,499	2049,503
6	2,50	2049,499	2049,502	2049,503	2049,501
7	3,00	2049,499	2049,501	2049,502	2049,502
8	3,50	2049,501	2049,501	2049,500	2049,502
9	4,00	2049,499	2049,497	2049,500	2049,501

10	4,50	2049,498	2049,505	2049,499	2049,501
11	5,00	2049,502	2049,501	2049,500	2049,497
12	5,50	2049,499	2049,498	2049,500	2049,497
13	6,00	2049,500	2049,498	2049,500	2049,498
14	6,50	2049,500	2049,501	2049,499	2049,498
15	7,00	2049,496	2049,497	2049,499	2049,501
16	7,50	2049,500	2049,498	2049,498	2049,497
17	8,00	2049,502	2049,494	2049,499	2049,498
18	8,50	2049,497	2049,501	2049,498	2049,491
19	9,00	2049,500	2049,501	2049,501	2049,499
20	9,50	2049,497	2049,495	2049,496	2049,503
21	10,00	2049,499	2049,500	2049,498	2049,498
22	10,50	2049,497	2049,499	2049,496	2049,501
23	11,00	2049,499	2049,502	2049,500	2049,500
24	11,50	2049,500	2049,502	2049,496	2049,497
25	12,00	2049,498	2049,497	2049,499	2049,496
26	12,50	2049,497	2049,502	2049,497	2049,500
27	13,00	2049,499	2049,500	2049,499	2049,501

28	13,50	2049,501	2049,501	2049,496	2049,495
29	14,00	2049,497	2049,498	2049,501	2049,500
30	14,50	2049,500	2049,497	2049,500	2049,502
31	15,00	2049,500	2049,498	2049,499	2049,497
32	15,50	2049,497	2049,500	2049,500	2049,502
33	16,00	2049,500	2049,500	2049,500	2049,501
34	16,50	2049,501	2049,499	2049,499	2049,497
35	17,00	2049,500	2049,501	2049,500	2049,500
36	17,50	2049,501	2049,498	2049,494	2049,498
37	18,00	2049,495	2049,498	2049,493	2049,496
38	18,50	2049,499	2049,500	2049,500	2049,497
39	19,00	2049,501	2049,499	2049,498	2049,494
40	19,50	2049,497	2049,499	2049,500	2049,498
41	20,00	2049,497	2049,499	2049,500	2049,498

Fuente: Elaboración propia

El uso del programa INPACO, IRI.exe se lo realizó de la siguiente manera:

- 1.- Ingresar al programa IRI.exe que se encuentra dentro de la carpeta INPACO.
- 2.- Introducir el Delta (x), que es cada 0.5 metros y en el programa se coloca 500 mm.

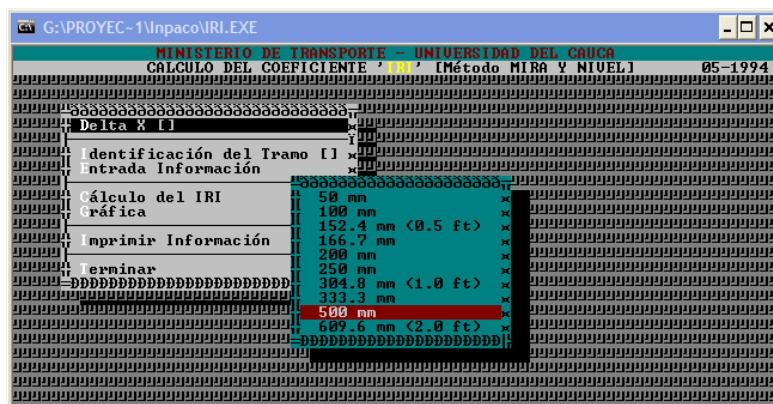
- 3.- Colocar la identificación o código de la sección del tramo; en la abscisa inicial se coloca el punto de inicio en nuestro caso 0 m. y la abscisa final que es 20 m. y nos calcula directamente la longitud del tramo.
- 4.- Cargar los datos en Entrada de Información, de las cotas corregidas, esto se debe a que el programa solo analiza el IRI horizontalmente.
- 5.- Una vez cargados los datos se presiona Cálculo del IRI.
- 6.- Se procede a graficar donde se coloca el valor máximo y mínimo del eje “x” e “y” y los Delta “x” e “y”.
- 7.- Genera la gráfica y se procede a Terminar.

Figura 4.6. Programa INPACO, IRI.exe



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7. Introducir el Delta (x), que es cada 0.5 metros



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8. Identificación o código de la sección del tramo

MINISTERIO DE TRANSPORTE - UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 CALCULO DEL COEFICIENTE 'IRI' [Método MIRA Y NIVEL] 05-1994

Delta X [500 mm]

Identificación del Tramo [0001]
 Entrada Información
 Cálculo del IRI
 Gráfica
 Imprimir Información
 Terminar

Código Tramo: 0001
 Nombre del Tramo: NORTE A1
 Abscisa Inicial (m): 0
 Abscisa Final (m): 20
 Longitud Tramo (m): 20.00

Listar Borrar Salir

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9. Cargar los datos en Entrada de Información del tramo

MINISTERIO DE TRANSPORTE - UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 CALCULO DEL COEFICIENTE 'IRI' [Método MIRA Y NIVEL] 05-1994

Delta X [500 mm]

Identificación del Tramo [0001]
 Entrada Información
 Cálculo del IRI
 Gráfica
 Imprimir Información
 Terminar

Cns	Abcisa	Cota (m)
1	0.00	2.049.501
2	0.50	2.049.499
3	1.00	2.049.500
4	1.50	2.049.502
5	2.00	2.049.503
6	2.50	2.049.499
7	3.00	2.049.499
8	3.50	2.049.501
9	4.00	2.049.499
10	4.50	2.049.498
11	5.00	2.049.502
12	5.50	2.049.499
13	6.00	2.049.500
14	6.50	2.049.500
15	7.00	2.049.496

Grabar Insert Borrar Salir

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10. Cálculo del IRI

MINISTERIO DE TRANSPORTE - UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 CALCULO DEL COEFICIENTE 'IRI' [Método MIRA Y NIVEL] 05-1994

Delta X [500 mm]

Identificación del Tramo [0001]
 Entrada Información
 Cálculo del IRI
 Gráfica
 Imprimir Información
 Terminar

Delta X (mm)	500.00	
Número Total de Datos	41	
Número de Datos Analizados	41	
x de Análisis	100.0	
Z1	-0.27	
Z2	-50.71	
Z3	-7.96	
Z4	159.21	
V	0.00	
σ RSi	135.571	
IRI Calculado (m/km)	3.3893	

Grabar Insert Borrar Salir

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11. Valores de Ejes “x” e “y”

G:\PROYEC-1\Inpaco\IRI.EXE

MINISTERIO DE TRANSPORTE - UNIVERSIDAD DEL CAUCA

CALCULO DEL COEFICIENTE 'IRI' [Método MIRA Y NIVEL] 05-1994

Delta X [500 mm]

Identificación del Tramo [0001]

Entrada Información

Cálculo del IRI

Gráfica

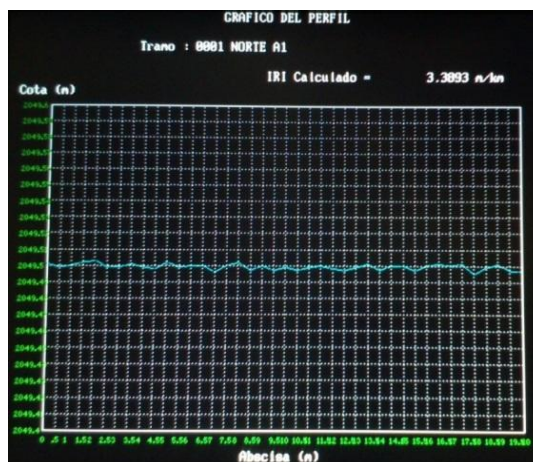
Imprimir Información

Terminar

Valor Mínimo Eje X <m>	0
Valor Máximo Eje X <m>	20
Delta X <m>	2
Valor Mínimo Eje Y <m>	2049.4
Valor Máximo Eje Y <m>	2049.6
Delta Y <m>	.01

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12. Gráfica del perfil longitudinal



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13. Terminar el procedimiento de programa

G:\PROYEC-1\Inpaco\IRI.EXE

MINISTERIO DE TRANSPORTE - UNIVERSIDAD DEL CAUCA

CALCULO DEL COEFICIENTE 'IRI' [Método MIRA Y NIVEL] 05-1994

Delta X [500 mm]

Identificación del Tramo [0001]

Entrada Información

Cálculo del IRI

Gráfica

Imprimir Información

Terminar

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presenta los resultados obtenidos del IRI para la carretera Norte, tramo A, de ancho 7.20 m., donde se muestra las secciones A1, A2 y A3 para cada carril y huella respectivamente.

Tabla 4.8. Resultados para cada sección analizada Norte A1

Resultados IRI				
Sección	Carril	Huella	Código	IRI m/Km
A1	Derecho	Externa	0001	3,3893
		Interna	0002	4,0376
	Izquierdo	Externa	0003	3,0576
		Interna	0004	3,9617
A2	Derecho	Externa	0005	3,1085
		Interna	0006	2,9896
	Izquierdo	Externa	0007	3,7459
		Interna	0008	3,7761
A3	Derecho	Externa	0009	5,8224
		Interna	0010	6,7267
	Izquierdo	Externa	0011	8,2694
		Interna	0012	6,5605
Valor promedio IRI				4,6204

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9. Resultados finales del IRI

Índice de Rugosidad Internacional IRI (m/Km)			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	4,6204	4,5862	5,3000
B	6,5970	5,6570	6,0245
C	6,5837	4,6744	5,2403
D	5,3758	5,7729	3,8720
E	6,5557	4,7140	5,5142

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de ahuellamiento

Una vez registrados los datos de campo de los ahuellamientos de las diferentes secciones, se procede a sacar la media de cada uno de estos y luego se vuelve a sacar el promedio de las tres secciones analizadas.

Tabla 4.10. Valores promedio de ahuellamiento tramo Norte A1

Ahuellamiento				
Segmento	Carril	Distancia (m.)	Huella	Profundidad de Huella (mm.)
1	Derecho	0	Externa	2
			Interna	1
	Izquierdo	0	Externa	2

			Interna	3
2	Derecho	1.0	Externa	1
			Interna	1
	Izquierdo	1.0	Externa	2
			Interna	3
3	Derecho	10.0	Externa	3
			Interna	2
	Izquierdo	10.0	Externa	2
			Interna	1
4	Derecho	19.0	Externa	5
			Interna	2
	Izquierdo	19.0	Externa	1
			Interna	1
Valores promedios				2,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11. Resultado de ahuellamiento Norte del tramo A

Tramo	Ahuellamientos promedio
A1	2,000
A2	2,750

A3	2,635
Promedio	2,458

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12. Resultados finales ahuellamiento

Ahuellamiento (mm.)			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	2,458	2,791	3,229
B	2,604	8,229	2,854
C	2,645	7,437	3,041
D	1,583	5,729	3,041
E	3,020	12,291	3,500

Fuente: Elaboración propia

Cálculo exudación y baches

Para realizar el cálculo de exudación y baches se debe calcular el área de cada falla y hacer la sumatoria de todas las áreas de las fallas respectivamente.

Tabla 4.13. Tabla de cálculo de áreas y sumatoria de áreas Chaco B

Exudación y baches Chaco b						
Nº	Exudación cm.		Baches cm.		Exudación área m²	Baches área m²
	A	B	C	D		

1	30	170	60	360	0,510	2,160
2	20	40	225	250	0,080	5,625
3	100	800	360	5280	8,000	190,080
4	360	250	2005	100	9,000	20,050
5	100	100	170	2120	1,000	36,040
6	50	100	360	3520	0,500	126,720
7	20	150	320	110	0,300	3,520
8	50	150	100	230	0,750	2,300
9	25	40	260	1760	0,100	45,760
10	260	100	140	2240	2,600	31,360
11	100	1280	90	1120	12,800	10,080
12	140	4700	80	1520	65,800	12,160
13	50	1500	720	1240	7,500	89,280
14			80	220		1,760
15			85	180		1,530
16			200	130		2,600
17			100	270		2,700
18			110	1440		15,840

19			100	7120		71,200
20			90	12640		113,760
21			90	3600		32,400
22			700	120		8,400
23			370	300		11,100
24			360	500		18,000
Sumatoria de áreas (m²)					108,940	854,425

Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a calcular el área total del tramo estudiado y se determina el porcentaje de área afectada, tanto para la exudación y baches como se muestra a continuación:

Tabla 4.14. Datos del tramo evaluado Chaco B

Datos del área evaluada		
Longitud evaluada	1000	m
Ancho de la calzada	7,20	m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15. Resultados de área total, exudación y baches Chaco B

Resultados de exudación y baches (m²)		
Área Total (m²)	Área Exudación (m²)	Área Baches (m²)
7200	108,940	854,425

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16. Resultados del porcentaje total, exudación y baches Chaco B

Resultados de exudación y baches (%)		
Área Total (%)	Área Exudación (%)	Área Baches (%)
100	1,513	11,867

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.17. Resultados finales de exudación

Exudación (%)			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	0,000	0,013	0,068
B	0,000	1,513	0,000
C	0,002	0,022	0,000
D	0,000	0,000	0,000
E	0,000	0,011	0,092

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.18. Resultados finales de baches

Baches (%)			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	0,845	5,248	11,238

B	1,806	11,867	12,502
C	9,291	44,549	34,276
D	3,036	10,859	2,827
E	1,026	17,753	5,895

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados del IRI, ahuellamientos, exudación y baches, se procede a ordenar para cada uno de los tramos en la siguiente tabla para ser evaluada de acuerdo a la tabla 2.13, tabla 2.14, tabla 2.15 y tabla 2.16, respectivamente.

Los resultados de cada uno de las fallas evaluadas se procede a realizar un resumen de cada elemento, con sus valores correspondientes e indicando el grado de complejidad de acuerdo al valor obtenido, también se califica el coeficiente de valoración del grado de seguridad y se procede multiplicar el grado de complejidad por el coeficiente de valoración, para así conocer el índice de seguridad de las fallas de la calzada.

Tabla 4.19. Resultados de los coeficientes de valorización Di^* multiplicados por el grado de complejidad Norte

Carretera Norte						
Progresivas	Tramo	Grado	Factor	IRI		
				m/km	Di	Di*
04+000 - 05+000	A	G3	2	4,620	5	10
09+000 - 10+000	B	G3	2	6,597	5	10
13+000 - 14+000	C	G3	2	6,584	5	10

23+200 - 24+200	D	G3	2	5,376	5	10
27+700 - 28+700	E	G3	2	6,556	5	10
Progresivas	Tramo	Grado	Factor	Ahuellamiento		
				mm	Di	Di*
04+000 - 05+000	A	G1	1	2,458	0	0
09+000 - 10+000	B	G1	1	2,604	0	0
13+000 - 14+000	C	G1	1	2,646	0	0
23+200 - 24+200	D	G1	1	1,583	0	0
27+700 - 28+700	E	G1	1	3,021	0	0
Progresivas	Tramo	Grado	Factor	Exudación		
				%	Di	Di*
04+000 - 05+000	A	G1	1	0,000	0	0
09+000 - 10+000	B	G1	1	0,000	0	0
13+000 - 14+000	C	G1	1	0,002	0	0
23+200 - 24+200	D	G1	1	0,000	0	0
27+700 - 28+700	E	G1	1	0,000	0	0
Progresivas	Tramo	Grado	Factor	Baches		
				%	Di	Di*

04+000 - 05+000	A	G2	1	0,845	4	4
09+000 - 10+000	B	G3	2	1,806	5	10
13+000 - 14+000	C	G3	2	9,291	5	10
23+200 - 24+200	D	G3	2	3,036	5	10
27+700 - 28+700	E	G3	2	1,026	5	10

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se hace un resumen de los resultados obtenidos para las carreteras evaluadas, donde se muestran los resultados del ISc para cada tramo evaluado y de acuerdo a la carretera a la cual pertenece, en los tramos A, B, C, D y C.

Los resultados del ISc se presentan en la tabla 4.20. para la carretera Norte

Tabla 4.20. Resultados del ISc Norte

Carretera Norte	
Índice de Seguridad de la calzada	
TRAMO	ISc
A	4,317
B	3,012
C	3,012
D	3,012
E	3,012

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21. Resultados finales ISc

Índice de Seguridad de elementos de calzada ISc			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	4,317	4,066	5,488
B	3,012	2,865	5,488
C	3,012	2,865	5,488
D	3,012	2,865	5,488
E	3,012	2,865	5,488

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Cálculo del índice de seguridad (IS)

El índice de seguridad a adoptar será el menor entre el ISef e ISc.

Tabla 4.22. Resultados finales ISef

Índice de Seguridad de elementos físicos ISef			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	3,705	3,296	1,707
B	3,939	5,117	2,215
C	3,156	3,038	2,975
D	3,073	2,955	2,825

E	2,877	3,482	2,060
----------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.23. Resultados finales ISc

Índice de Seguridad de elementos de calzada ISc			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	4,317	4,066	3,012
B	3,012	2,865	3,012
C	3,012	2,865	3,012
D	3,012	2,865	3,012
E	3,012	2,865	3,012

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.24. Resultados finales IS

Índice de Seguridad IS			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	3,705	3,296	1,707
B	3,012	2,865	2,215
C	3,012	2,865	2,975

D	3,012	2,865	2,825
E	2,877	2,865	2,060

Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis de los resultados de los índices de seguridad

Según los valores finales obtenidos se los puede clasificar de acuerdo a los valores siguientes:

IS: 6,4 - 10 Seguro

IS: 4,7 - 6.4 Medianamente Seguro

IS: 1,0 - 4,7 Inseguro

Como todos los valores del IS son menores a 4.7, entonces según los valores del índice de seguridad obtenidos para todos los tramos evaluados, se las clasifica a las carreteras como inseguras.

Tabla 4.25. Análisis de los resultados finales IS

Índice de Seguridad IS			
Tramo	Carretera		
	Norte	Chaco	Sur
A	INSEGURO	INSEGURO	INSEGURO
B	INSEGURO	INSEGURO	INSEGURO
C	INSEGURO	INSEGURO	INSEGURO
D	INSEGURO	INSEGURO	INSEGURO
E	INSEGURO	INSEGURO	INSEGURO

Fuente: Elaboración propia

Como todas las carreteras según la valorización, nos da resultados que son inseguras, entonces se hará un análisis de acuerdo a cada tramo estudiado en las diferentes carreteras.

Para lo cual se elaboró unas tablas donde se cita al coeficiente de valoración del grado de seguridad, donde se presenta el índice de seguridad de los elementos físicos y el índice de seguridad de la calzada.

Análisis de los resultados y planteamiento de posibles soluciones del estudio de la carretera Norte

Tabla 4.26. Análisis de los resultados del ISef de la carretera Norte

Análisis de los resultados carretera Norte (Di*)							
PROG.	Tramo	Demarc. Horizontal	Señal Vertical	Banquina	Barandas	ISef	Clasificación ISef
04+000 05+000	A	3,286	4,571	5,000	5,286	3,705	INSEGURO
09+000 10+000	B	3,333	3,667	6,167	4,000	3,939	INSEGURO
13+000 14+000	C	3,778	5,889	6,111	5,444	3,156	INSEGURO
23+200 24+200	D	3,143	6,143	6,143	6,286	3,073	INSEGURO
27+700 28+700	E	3,800	7,100	6,900	5,300	2,877	INSEGURO

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de los coeficientes de valoración de la carretera Norte, se observa de acuerdo a la evaluación de los elementos físicos, que lo mejor que tiene la carreta es la demarcación horizontal y lo que genera mayor inseguridad en dicha carretera son las banquetas que son de ancho muy pequeño, donde no se cuenta con espacio suficiente para cualquier imprevisto y también la ausencia de las banquetas en lugares de curvas y alcantarillas, que por la topografía del terreno son realmente necesarias para aportar a la seguridad de la carretera.

Por su parte la señalización vertical es deficiente en los tramos C, D y E las cuales deberían ser ubicadas y completadas en los lugares donde hace falta para brindar mayor información, prevención y reglamentación en la circulación de vehículos para así brindar mayor seguridad a los usuarios.

Tabla 4.27. Análisis de los resultados del ISc de la carretera Norte

Análisis de los resultados carretera Norte (Di*)							
PROG.	Tramo	IRI	Ahuellamiento	Exudación	Baches	ISc	Clasificación ISc
04+000 05+000	A	10,000	0,000	0,000	4,000	4,317	INSEGURO
09+000 10+000	B	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO
13+000 14+000	C	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO
23+200 24+200	D	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO
27+700 28+700	E	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de los coeficientes de valorización obtenidos en los elementos de la calzada en la carretera Norte, se obtiene que el IRI y los baches de la carretera Norte estén predominados por sus valores altos y malos y que hagan que el índice de seguridad de la calzada sea muy bajo, lo cual lo hace inseguro y se debe tomar medidas de conservación de la vía para mantener la continuidad del servicio que ofrece, haciendo un control rutinario que identifique los puntos que tienen más fallas, como ser baches para poder subsanarlos; por su parte los ahuellamientos y la exudación no están dentro de los valores que afectan la seguridad ya sea porque la carretera es relativamente nueva.

También se debe hacer notar que el IRI en zonas montañosas, es mayor porque así lo requiere la carretera por la topografía del terreno y además porque la compactación en pendientes crea una superficie más rugosa.

Y por los baches se debe hacer el mantenimiento rutinario para remplazar los parches en mal estado y los baches que se presentan en la vía.

Tabla 4.28. Alternativas de mantenimiento en la carretera Norte

Alternativas de mantenimiento y reparación de la carretera Norte		
Índice	Fallas	Mantenimiento y conservación
ISef	Demarcación Horizontal	Mantenimiento y cuidado rutinario de las líneas de demarcación y de marcas viales.
	Señalización Vertical	Limpieza, reparación ó reposición de señales verticales, postes de referencia. Implementación en los lugares donde falta señalización.
	Banquina	Limpieza y reparación de banquetas o en caso de ser necesarias la reconstrucción o ampliación.

	Barandas	Limpieza, reparación ó reposición de defensas las metálicas y barandas. Implementación de barandas.
ISc	IRI > 3.5 m/Km	Mantenimiento rutinario ó periódico respectivamente, según el valor indicativo del IRI.
	Ahuellamiento	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo superficial, parcheo profundo, sobrecarpeta, tratamiento superficial.
	Exudación	Mantenimiento rutinario ó periódico con aplicación de arena precalentada si fuera necesario.
	Baches	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo parcial, parcheo profundo. En el caso de ser necesario sobrecarpeta o reconstrucción.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados y planteamiento de posibles soluciones del estudio de la carretera Chaco

Tabla 4.29. Análisis de los resultados del ISef de la carretera Chaco

Análisis de los resultados carretera Chaco (Di*)							
PROG.	Tramo	Demarc. Horizontal	Señal Vertical	Banquina	Barandas	ISef	Clasificación ISef
03+000	A	5,600	5,000	5,200	4,400	3,296	INSEGURO

04+000							
15+900 16+900	B	2,500	2,833	4,167	2,833	5,117	MEDIANAMENTE SEGURO
17+850 18+850	C	5,375	6,125	5,250	5,000	3,038	INSEGURO
19+800 20+800	D	4,538	6,385	5,077	6,231	2,955	INSEGURO
21+400 22+400	E	4,200	5,000	5,300	4,800	3,482	INSEGURO

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de la carretera Chaco en sus tramos se tiene un mejor índice de seguridad de los elementos físicos ya que la topografía de terreno ayuda a reducir estos elementos y la falta o ausencia de los elementos físicos es en menor proporción a comparación de las otras carreteras, pero su implementación es necesaria para aumentar la seguridad de la carretera y así cumplir con un índice de seguridad alto en los elementos físicos.

Lo que más influye en el resultado del índice de seguridad es la señalización vertical, ya sea por su falta de implementación o por la falta de reparación de la mayoría de estas señales. Seguido de la señalización vertical también tiene influencia el mantenimiento rutinario de las banquetas que no tienen acceso necesario en muchas partes de la carretera y las barandas de seguridad deben ser reparadas o implementadas, ya que existen barandas dañadas por accidentes pasados y por ausencia en algunos lugares necesarios y también la demarcación horizontal que por desgaste por el tiempo de servicio de la carretera necesitan dicho mantenimiento rutinario.

Tabla 4.30. Análisis de los resultados del ISc de la carretera Chaco

Análisis de los resultados carretera Chaco (Di*)							
PROG.	Tramo	IRI	Ahuellamiento	Exudación	Baches	ISc	Clasificación ISc
03+000 04+000	A	10,000	0,000	0,000	5,000	4,066	INSEGURO
15+900 16+900	B	10,000	1,000	0,000	10,000	2,865	INSEGURO
17+850 18+850	C	10,000	1,000	0,000	10,000	2,865	INSEGURO
19+800 20+800	D	10,000	1,000	0,000	10,000	2,865	INSEGURO
21+400 22+400	E	10,000	1,000	0,000	10,000	2,865	INSEGURO

Fuente: Elaboración propia

En los elementos de la calzada para la carretera Chaco en sus tramos evaluados se necesita recapamiento o sobrecarpeta en los tramos B, C y D por sus fallas en el pavimento superficial y por las fallas estructurales, reflejadas en el exceso de baches, acompañadas de piel de cocodrilo, parches en mal estado, baches en las zonas, ahuellamientos notorios especialmente en el tramo B y C. Respecto al IRI según los datos obtenidos estos corresponden a pavimentos viejos y sumados las fallas anteriormente mencionadas se necesita principal atención en el mantenimiento periódico de dicha carretera.

La diferencia de fallas de un tramo a otro se debe por las fechas de construcción a los diferentes tramos que a partir de la progresiva 17+000 hasta el puente Jarcas,

se tiene claro que la construcción es diferente y se comprobó consultando en la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras), es de ahí que varía las diferencia de las fallas registradas.

Tabla 4.31. Alternativas de mantenimiento en la carretera Chaco

Alternativas de mantenimiento y reparación de la carretera Chaco		
Índice	Fallas	Mantenimiento y conservación
ISef	Demarcación Horizontal	Mantenimiento y cuidado rutinario de las líneas de demarcación y de marcas viales.
	Señalización Vertical	Limpieza, reparación ó reposición de señales verticales, postes de referencia. Implementación en los lugares donde falta señalización.
	Banquina	Limpieza y reparación de banquetas o en caso de ser necesarias la reconstrucción o ampliación.
	Barandas	Limpieza, reparación ó reposición de defensas las metálicas y barandas. Implementación de barandas.
ISc	IRI > 3.5 m/Km	Mantenimiento rutinario ó periódico respectivamente, según el valor indicativo del IRI.
	Ahuellamiento	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo superficial, parcheo profundo, sobrecarpeta, tratamiento superficial.

	Exudación	Mantenimiento rutinario ó periódico con aplicación de arena precalentada si fuera necesario.
	Baches	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo parcial, parcheo profundo. En el caso de ser necesario sobrecarpeta o reconstrucción.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados y planteamiento de posibles soluciones del estudio de la carretera Sur

Tabla 4.32. Análisis de los resultados del Isef de la carretera Sur

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS CARRETERA SUR (Di*)							
PROG.	Tramo	Demarc. Horizontal	Señal Vertical	Banquina	Barandas	Isef	Clasificación Isef
02+000 03+000	A	8,000	9,000	7,400	7,800	1,707	INSEGURO
07+600 08+600	B	6,500	7,000	5,750	8,000	2,215	INSEGURO
09+100 10+100	C	4,500	5,750	5,000	6,750	2,975	INSEGURO
25+100 26+100	D	5,600	6,200	4,200	6,800	2,825	INSEGURO
38+250 39+250	E	7,111	8,333	5,667	7,556	2,060	INSEGURO

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados del ISef para la carretera Sur en los tramos evaluados se obtuvo una calificación muy mala para los elementos físicos en general, siendo los más deficientes por la ausencia de estos para la señalización vertical y las barandas de seguridad en los sectores particulares estudiados; también la demarcación horizontal está en malas condiciones y en muchos lugares de carretera no se nota por lo que se necesita un mantenimiento periódico por los años de vida de uso de la carretera ya que la calzada de igual manera presenta fallas frecuentes. Lo que se debe hacer es un mantenimiento general de la carretera Sur.

Tabla 4.33. Análisis de los resultados del ISc de la carretera Sur

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS CARRETERA SUR (Di*)							
PROG.	Tramo	IRI	Ahuellamiento	Exudación	Baches	ISc	Clasificación ISc
02+000 03+000	A	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO
07+600 08+600	B	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO
09+100 10+100	C	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO
25+100 26+100	D	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO
38+250 39+250	E	10,000	0,000	0,000	10,000	3,012	INSEGURO

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de la carretera Sur, en sus elementos de la calzada de acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que los baches y fallas que acompañan a estos, junto

a los parches mal ejecutados o deteriorados son de mayor consideración en comparación de las otras carreteras por lo que se debe hacer un mantenimiento periódico en toda la carretera para así garantizar la seguridad y confort al transitar esta vía que ya cuenta con bastantes años desde su último mantenimiento periódico.

En cuanto al IRI este valoriza la carretera como pavimento viejo, por lo que se tiene otro indicador, que previene e impulsa hacer el mantenimiento periódico de esta carretera en su conjunto tomando en cuenta los elementos de la calzada y también los elementos de físicos, para así poder garantizar la seguridad necesaria respecto a la administración vial.

Tabla 4.34. Alternativas de mantenimiento en la carretera Sur

Alternativas de mantenimiento y reparación de la carretera Norte		
Índice	Fallas	Mantenimiento y conservación
ISef	Demarcación Horizontal	Mantenimiento y cuidado rutinario de las líneas de demarcación y de marcas viales.
	Señalización Vertical	Limpieza, reparación ó reposición de señales verticales, postes de referencia. Implementación en los lugares donde falta señalización.
	Banquina	Limpieza y reparación de banquetas o en caso de ser necesarias la reconstrucción o ampliación.
	Barandas	Limpieza, reparación ó reposición de defensas las metálicas y barandas. Implementación de barandas.
ISc	IRI > 3.5 m/Km	Mantenimiento rutinario ó periódico

		respectivamente, según el valor indicativo del IRI.
	Ahuellamiento	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo superficial, parcheo profundo, sobrecarpeta, tratamiento superficial.
	Exudación	Mantenimiento rutinario ó periódico con aplicación de arena precalentada si fuera necesario.
	Baches	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo parcial, parcheo profundo. En el caso de ser necesario sobrecarpeta o reconstrucción.

Fuente: Elaboración propia

4.4. Análisis del inventario de las señales de tránsito

Tabla 3.35. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Norte

Inventario de señales de tránsito Norte		
Nº Total de Señales	Nº Señales Buen Estado	Nº Señales Mal Estado
152	139	13
Inventario de señales de tránsito Norte		
% Total de Señales	% Señales Buen Estado	% Señales Mal Estado
100	91,447	8,553

Fuente: Elaboración propia

Según los análisis del inventario en la carretera Norte, se observa que las señales de tránsito ya instaladas, tienen la gran mayoría de estas un buen estado que se expresa en el 91.447 % y las señales en mal o regular estado son el 8.553 % del inventario. Esto se debe a que la carretera es nueva y se tiene señales nuevas. Cabe hacer notar que las señales inventariadas son aparte de las señales faltantes o inexistentes.

Tabla 4.36. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Chaco

Inventario de señales de tránsito Chaco		
N° Total de Señales	N° Señales Buen Estado	N° Señales Mal Estado
117	85	32
Inventario de señales de tránsito Chaco		
% Total de Señales	% Señales Buen Estado	% Señales Mal Estado
100	72,650	27,350

Fuente: Elaboración propia

Para la carretera Chaco se tiene que las señales de tránsito en buen estado, son la mayoría, pero en menor porcentaje que en la carretera Norte, las señales en buen estado son 85, de las 117 señales contabilizadas, y las 32 señales en mal estado se deben mantener o restaurar, para mantener la señalización aunque sea deficiente en toda la carretera.

Tabla 4.37. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Sur

Inventario de señales de tránsito Sur		
N° Total de Señales	N° Señales Buen Estado	N° Señales Mal Estado
129	91	38

Inventario de señales de tránsito Sur		
% Total de Señales	% Señales Buen Estado	% Señales Mal Estado
100	70,543	29,457

Fuente: Elaboración propia

La carretera Sur es la que cuenta con más señales dañadas, por ser la carretera con más años de servicio y por ser la de mayor distancia, las cuales deberán ser reemplazadas por su alto deterioro.

En cuanto a las señales en buen estado, se debe realizar el mantenimiento rutinario de estas para que cumplan y mantengan su función.

4.5. Análisis del inventario de obras de protección, zonas peligrosas e inseguras

Tabla 4.38. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Norte

Inventario de obras de protección Norte		
Nº Total Observaciones	Nº Observaciones Buen Estado	Nº Observaciones Peligrosas
103	55	48
Inventario de obras de protección Norte		
% Total Observaciones	% Observaciones Buen Estado	% Observaciones Peligrosas
100	53,398	46,602

Fuente: Elaboración propia

En la carretera Norte se observa que las obras de protección y zonas que afectan la seguridad según las observaciones realizadas, tienen un porcentaje de 53.398 % para las obras de protección y elementos que coadyuvan la seguridad y un 46.602 % que son peligrosas, lo cual se recomienda que se concluya las obras de protección en dicha carretera, ya que la misma no tiene recepción definitiva.

Tabla 4.39. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Chaco

Inventario de obras de protección Chaco		
N° Total Observaciones	N° Observaciones Buen Estado	N° Observaciones Peligrosas
75	9	66
Inventario de obras de protección Chaco		
% Total Observaciones	% Observaciones Buen Estado	% Observaciones Peligrosas
100	12,000	88,000

Fuente: Elaboración propia

Para la carretera del Chaco según el análisis del inventario se observa que las obras de protección en buen estado son mínimas en comparación a las obras donde faltan y son deficientes, por lo tanto se requiere una incorporación de las obras de protección para aumentar la seguridad de la carretera.

Tabla 4.40. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Sur

Inventario de obras de protección Sur		
N° Total Observaciones	N° Observaciones Buen Estado	N° Observaciones Peligrosas
72	2	70
Inventario de obras de protección Sur		
% Total Observaciones	% Observaciones Buen Estado	% Observaciones Peligrosas
100	2,778	97,222

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de los porcentajes del inventario realizado, se observa que la carretera Sur es la más insegura y peligrosa porque cuenta con mayor números de

zonas peligrosas y sin obras de protección, este expresado en porcentaje es el 97.222 % del total de las observaciones realizadas.

Por lo que se requiere la incorporación de obras de protección y reparación de las que ya cuenta la carretera.

4.6. Propuesta de transferencia de información e incorporación de elementos de tránsito para aumentar la seguridad en las carreteras

Tabla 4.41. Transitabilidad, colores de seguridad y velocidades recomendadas

SEGURIDAD	TRANSITABILIDAD	ÍNDICE DE SEGURIDAD	COLOR	VELOCIDADES RECOMENDADAS Km/h.
Seguro	Excelente transitabilidad	9 - 10		100
	Buena transitabilidad	6.4 – 9		90 - 100
Medianamente seguro	Moderada transitabilidad	6 - 6.4		80 - 90
	Transitable	4.7 - 6		60 - 80
Inseguro	Regular transitabilidad	4 – 4.7		50 - 60
	Mala transitabilidad	0 - 4		30 -50

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.41. se observa los valores del índice de seguridad, que indican la seguridad de las carreteras estudiadas, la transitabilidad de los vehículos, el color asignado respecto al índice de seguridad y las velocidades recomendadas por el manual de diseño geométrico de carreteras.

De forma clara se brinda el grado de seguridad, a los usuarios y a las entidades comprometidas con el mantenimiento de las carreteras.

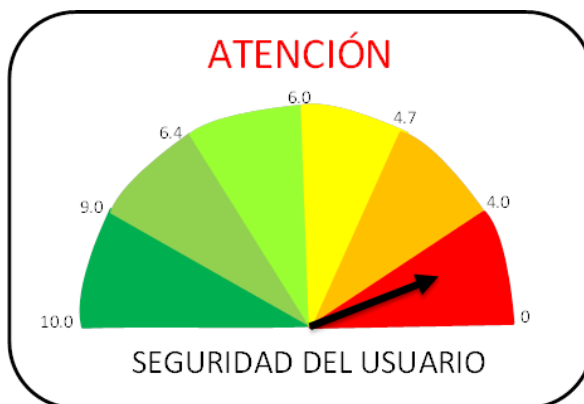
Lo mismo ocurre con la figura 4.14. la cual muestra con una flecha el valor y la seguridad de la carretera evaluada y lo propio sucede con el cartel o señal propuesta en la figura 4.15. donde se aprecia la seguridad del usuario en la carretera evaluada.

Figura 4.14. Propuesta de información para los usuarios

SEGURIDAD	ÍNDICE	INDICADOR DE SEGURIDAD
Seguro	9 - 10	
	6.4 - 9	
Medianamente seguro	6 - 6.4	
	4.7 - 6	
Inseguro	4 - 4.7	
	0 - 4	←

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15. Propuesta de información para los usuarios



Fuente: Elaboración propia

Se propone la implementación de señales de tránsito, delineadores direccionales, paneles de prevención, mojones, delineadores reflectivos y otras señales que no presentan la mayoría de nuestras carreteras, para así ganar mayor seguridad en las carreteras para los usuarios.

Velocidad máxima

Se propone la señal de velocidad máxima, con el fin de que la visualización sea mejor a las señales que ya cuentan nuestras carreteras y que son más llamativas, por lo que se espera que se tome mayor atención por parte de los usuarios. El tamaño sugerido es de referencia sistema de señalización vial uniforme, Ley 24449, Anexo L, de la república Argentina el cual indica que debe ser de 0.60 m. a 0.90 m. Recomendando el tamaño de 0.90 m. para aplicar a nuestras carreteras.

Figura 4.16. Velocidad Máxima

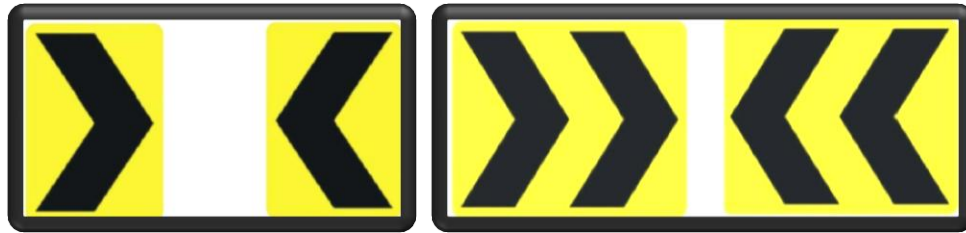


Fuente: Elaboración propia

Delineadores direccionales simples y dobles

Como recomendación para las curvas horizontales y obras de arte se recomienda aplicar los delineadores direccionales figura 4.17, delineadores verticales, paneles de prevención figura 4.18 y mojones figura 4.19, para poder prevenir a los conductores de la presencia de lugares inseguros y mejorar la señalización de los sectores peligrosos, como alcantarillas, canales, cunetas profundas, curvas horizontales peligrosas y otros.

Figura 4.17. Delineadores direccionales simples y dobles



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18. Paneles de prevención



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19. Mojones de prevención



Fuente: Elaboración propia

Delineadores reflectivos

Se debe implementar este dispositivo de seguridad, para demarcar los carriles y dar mayor seguridad en la conducción nocturna porque es muy difícil que se

ilumine todas las carreteras y porque principalmente en la carretera Chaco y Sur ya se encuentran deteriorados o no cuentan con estos.

Figura 4.20. Delineadores reflectivos



Fuente: Elaboración propia

Use cinturón de seguridad

La señal propuesta, es para concientizar el uso del cinturón de seguridad, para aumentar la seguridad de los usuarios, en caso de tener algún accidente en las carreteras estudiadas. Se recomienda el colocado de la señalización vertical propuesta al inicio de la carretera y al final de estas.

Figura 4.21. Use cinturón de seguridad



Fuente: Elaboración propia

Distancia mínima entre vehículos

Esta señal previene que la distancia entre vehículos, debe ser mayor a la que usualmente están acostumbrados los conductores locales. Manteniendo la distancia adecuada, aumentan la seguridad de ambos conductores para así evitar las colisiones por no respetar la distancia mínima.

Figura 4.22. Distancia mínima entre vehículos

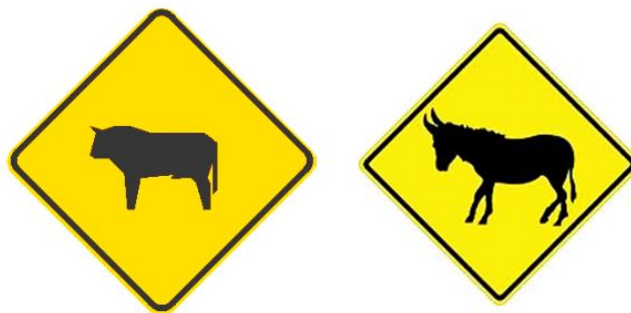


Fuente: Elaboración propia

Ganado suelto; animales en la vía

Estas señales deben ser implementadas por la cantidad de ganado y por la cantidad de animales que existen en las carreteras estudiadas, porque en nuestro estado boliviano, todavía no cuenta con una ley que prohíba la presencia de ganado en las carreteras y los cuales significan un riesgo para la seguridad de los conductores al transitar nuestras carreteras y así con las señales, prevenir de la presencia de ganado y animales en las carreteras.

Figura 4.23. Ganado Suelto; animales en la vía



Fuente: Elaboración propia

Concientización de los conductores

Proponer al inicio de la carretera la señal de concientización de los conductores, para que entiendan que la seguridad de los propios conductores, pasajeros y peatones está

en la prevención y precaución de sus acciones.

Figura 4.24. Concientización de los conductores



Fuente: Elaboración propia

4.7. Costos de señalización y mantenimiento

Las alternativas de corrección se presentan con los siguientes costos de señalización y mantenimiento, donde se coloca la cantidad respecto a cada ítem y precios unitarios para obtener los costos totales y son propuestos para aumentar la seguridad las carreteras evaluadas tanto para los elementos físicos y para los elementos de fallas de la calzada.

Tabla 4.42. Presupuesto elementos físicos Norte, Chaco y Sur

Presupuesto elementos físicos Norte					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
1	Colocación de barreras de seguridad Flex Beam	ML	990,00	667,95	661.270,50
2	Delineadores direccionales simples de curva horizontal	PZA.	295,00	459,47	135.543,65
3	Señal preventiva romboidal 0,60 x 0,60 m	PZA.	10,00	793,62	7.936,20
4	Señal restrictiva rectangular 0,60 x 0,90 m	PZA.	2,00	854,29	1.708,58

5	Señal informativa de localización, una línea 110x40 cm	PZA.	5,00	854,29	4.271,45
6	Postes para señales verticales	PZA.	18,00	639,45	11.510,10
Precio Total Bolivianos (Bs.)					822.240,48
Precio Total Literal: Ochocientos veintidós mil doscientos cuarenta 48/100 Bolivianos					

Presupuesto elementos físicos Chaco					
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
1	Colocación de barreras de seguridad Flex Beam	ML	1.370,00	667,95	915.091,50
2	Delineadores direccionales simples de curva horizontal	PZA.	124,00	459,47	56.974,28
3	Pintado de la superficie de rodadura blanca a=0,12m	ML	13.000,00	7,66	99.580,00
4	Pintado de la superficie de rodadura amarilla a=0,12m	ML	2.437,50	8,24	20.085,00
5	Tachas reflectivas bidireccionales eje de calzada	PZA.	541,67	37,70	20.420,83
6	Tachas reflectivas bidireccionales borde de calzada	PZA.	1.083,33	34,02	36.855,00
7	Señal preventiva romboidal 0,60 x 0,60 m	PZA.	23,00	793,62	18.253,26
8	Señal restrictiva rectangular 0,60 x 0,90 m	PZA.	7,00	854,29	5.980,03
9	Señal informativa de localización, una línea 110x40 cm	PZA.	4,00	854,29	3.417,16
10	Postes para señales verticales	PZA.	15,00	639,45	9.591,75
Precio Total Bolivianos (Bs.)					1.186.248,81
Precio Total Literal: Un millón ciento ochenta y seis mil doscientos cuarenta y ocho 81/100 Bolivianos					

Presupuesto elementos físicos Sur					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
1	Colocación de barreras de seguridad Flex Beam	ML	1.550,00	667,95	1.035.322,50
2	Delineadores direccionales simples de curva horizontal	PZA.	198,00	459,47	90.975,06
3	Pintado de la superficie de rodadura blanca a=0,12m	ML	83.200,00	7,66	637.312,00
4	Pintado de la superficie de rodadura amarilla a=0,12m	ML	15.600,00	8,24	128.544,00
5	Tachas reflectivas bidireccionales eje de calzada	PZA.	3.466,67	37,70	130.693,33
6	Tachas reflectivas bidireccionales borde de calzada	PZA.	6.933,33	34,02	235.872,00
7	Señal preventiva romboidal 0,60 x 0,60 m	PZA.	30,00	793,62	23.808,60
8	Señal restrictiva rectangular 0,60 x 0,90 m	PZA.	10,00	854,29	8.542,90
9	Señal informativa de localización, una línea 110x40 cm	PZA.	17,00	854,29	14.522,93
10	Postes para señales verticales	PZA.	33,00	639,45	21.101,85
Precio Total Bolivianos (Bs.)					2.326.695,17
Precio Total Literal: Dos millones trescientos veintiséis mil seiscientos noventa y cinco 17/100 Bolivianos					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.43. Presupuesto elementos fallas de la calzada Norte, Chaco y Sur

Presupuesto elementos fallas calzada Norte					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
1	Bacheo profundo (Incluye base)	6.844,28	297,84	2.038.500,36	6.844,28

2	Imprimación bituminosa (ejec. y suministro)	6.844,28	12,50	85.553,50	6.844,28
3	Remoción o demolición de pqte. estructural	1.026,64	33,36	34.248,78	1.026,64
4	Transporte de carpeta asfáltica prep.	6.844,28	3,07	21.011,94	6.844,28
Precio Total Bolivianos (Bs.)					2.179.314,57
Precio Total Literal: Dos millones ciento setenta y nueve mil trescientos catorce 57/100 Bolivianos					

Presupuesto elementos fallas calzada Chaco					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
1	Conf. capa sub-base (prov, ejec; s/tran)	M3	7.020,00	119,18	836.643,60
2	Conf. capa base (prov y ejec; s/transp)	M3	7.020,00	130,29	914.635,80
3	Carpeta asfáltica (prov y ejec; s/trans) e = 5 cm.	M3	2.990,00	2.542,88	7.603.211,20
4	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	M2	59.800,00	12,50	747.500,00
5	Remoción o demolición de pqte estructural	M3	20.930,00	33,36	698.224,80
6	Transporte de carpeta asfáltica prep.	M3-KM	59.800,00	3,07	183.586,00
7	Transporte de áridos clasif. o triturados	M3-KM	280.800,00	3,46	971.568,00
Precio Total Bolivianos (Bs.)					11.955.369,40
Precio Total Literal: Once millones novecientos cincuenta y cinco mil trescientos sesenta y nueve 40/100 Bolivianos					

Presupuesto elementos fallas calzada Sur

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U. (Bs.)	Total (Bs.)
1	Reparación de deformaciones superficiales	M2	42.199,51	133,42	5.630.258,62
2	Imprimación bituminosa (ejec. y suminis.)	M2	382.720,00	12,50	4.784.000,00
3	Carpeta asfáltica (prov y ejec; s/trans) e = 3 cm.	M3	11.481,60	2.542,88	29.196.331,01
4	Transporte de carpeta asfáltica prep.	M3-KM	382.720,00	3,07	1.174.950,40
Precio Total Bolivianos (Bs.)					40.785.540,03
Precio Total Literal: Cuarenta millones setecientos ochenta y cinco mil quinientos cuarenta y dos 03/100 Bolivianos					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.44. Resumen de costos de señalización y mantenimiento

Resumen de costos de señalización y mantenimiento (Bs.)			
Carretera	Señalización (Bs.)	Mantenimiento Calzada (Bs.)	Total (Bs.)
Norte	822.240,48	2.179.314,57	3.001.555,05
Chaco	1.186.248,81	11.955.369,40	13.141.618,21
Sur	2.326.695,17	40.785.540,03	43.112.235,21
	4.335.184,47	54.920.224,00	59.255.408,47

Fuente: Elaboración propia

Del resumen de la tabla 4.44. se observa que el precio total de las alternativas corrección de propuestas tiene un costo de cincuenta y nueve millones doscientos cincuenta y cinco mil cuatrocientos ocho 47/100 bolivianos para aumentar la seguridad de las carreteras. Como se observa, los costos del mantenimiento de la calzada es mayor en comparación con los costos de señalización, donde la calzada

tiene el 92.7 % del costo total y la señalización tiene el 7.43 % del costo total para las tres carreteras.

El precio más bajo para señalización y mantenimiento de la calzada, es la carretera Norte, seguida de la carretera Chaco y la de mayor precio de señalización y mantenimiento es la carretera Sur.

CAPÍTULO V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Concluida la evaluación de las carreteras denominadas Norte, Chaco y Sur se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se logró concretar el objetivo de evaluación, obteniendo un índice del grado de seguridad para las carreteras pavimentadas estudiadas de Tarija.
- Las carreteras evaluadas son inseguras por los diversos factores que fueron tomados en cuenta para su evaluación.
- La evaluación nos da un diagnóstico y una referencia de las deficiencias de las carreteras evaluadas, para así tomar acciones de mantenimiento, reparación, conservación o implementación de los elementos evaluados a favor de la seguridad.
- Los elementos con más fallas y deficiencias son las barandas, señalización vertical, baches y el IRI con valores altos; los cuales tienen mayor influencia para reducir el grado de seguridad.
- La carretera Norte de acuerdo a la evaluación, requiere principal atención, en completar las barandas y señalización vertical y hacer un mantenimiento rutinario de toda la carretera para los elementos de la calzada. La carretera Norte tiene un valor promedio del índice de seguridad de $IS = 3.124$, lo que nos indica que es una carretera insegura, pero que está en mejor condición de seguridad, que en las carreteras Chaco y Sur.
- La carretera Chaco de acuerdo a la evaluación, necesita priorizar el mantenimiento periódico de la calzada principalmente en los tramos de progresiva 16+000 hasta la progresiva 22+500. También complementar todas las señalizaciones y obras de protección deficientes. La carretera Chaco tiene un valor promedio del índice de seguridad de $IS = 2.951$, lo que indica que es una

carretera insegura, por lo que se debe tener precaución al conducir, especialmente por los tramos mencionados anteriormente.

- La carretera Sur de acuerdo a la evaluación realizada, necesita un mantenimiento periódico en función de los elementos físicos y los elementos de la calzada, urgentemente por los años de servicio de la carretera y por la falta de mantenimientos a dicha carretera. . La carretera Sur tiene un valor promedio del índice de seguridad de $IS = 2.356$, siendo así la carretera más peligrosa e insegura de las estudiadas y que requiere principal atención desde el punto de vista de la seguridad.
- Según las alternativas de corrección para aumentar la seguridad de las carreteras se logró obtener el costo total de las carreteras evaluadas y el costo parcial de cada una de ellas para la señalización y mantenimiento de la calzada.

Resumen de costos de señalización y mantenimiento (Bs.)			
Carretera	Señalización (Bs.)	Mantenimiento Calzada (Bs.)	Total (Bs.)
Norte	822.240,48	2.179.314,57	3.001.555,05
Chaco	1.186.248,81	11.955.369,40	13.141.618,21
Sur	2.326.695,17	40.785.540,03	43.112.235,21
	4.335.184,47	54.920.224,00	59.255.408,47

El costo total de corrección según lo planteado para aumentar la seguridad es de cincuenta y nueve millones doscientos cincuenta y cinco mil cuatrocientos ocho 47/100 bolivianos para las tres carreteras estudiadas.

- Cada carretera tiene un costo total de mantenimiento de calzada y señalización y se detalla a continuación:

La carretera Norte tiene un costo de tres millones un mil quinientos cincuenta y cinco 05/100 bolivianos.

La carretera Chaco tiene un costo de trece millones ciento cuarenta y un mil seiscientos dieciocho 21/100 bolivianos.

La carretera Sur tiene un costo de cuarenta y tres millones ciento doce mil doscientos treinta y cinco 21/100 bolivianos.

- El modelo de evaluación de carreteras según el grado de seguridad, a comparación de las otras evaluaciones superficiales, tiene mayor confianza en la toma de decisiones, para que se tome acciones en las carreteras evaluadas desde el punto de vista técnico y social en favor de la seguridad de los usuarios.

Recomendaciones

- Concluida la evaluación se recomienda tomar las acciones de acuerdo a los resultados obtenidos y de acuerdo a la priorización de las fallas, para aumentar la seguridad de los usuarios que transitan por nuestras carreteras.
- Para realizar las mediciones y obtención de datos de campo se recomienda tener mucha precaución en la carretera, usando conos de seguridad, chalecos de seguridad, triángulo de seguridad y otros elementos que brinde seguridad en la recolección de datos.
- Se recomienda cuando se haga el uso del programa INPACO/IRI.exe, para los análisis de los datos de campo obtenidos con nivel de ingeniero y mira topográfica, los cuales se deben corregir, haciendo el plano inclinado, en un plano horizontal, sin afectar la rugosidad de datos obtenidos, porque el programa solo evalúa el IRI para tramos horizontales.
- La información que se debería presentar a los usuarios, son las figuras 4.14. y figura 4.15, pero no deben ser instaladas porque causarían un efecto psicológico negativo de inseguridad, las cuales deben ser tomadas muy en cuenta por las

instituciones interesadas en aumentar el grado seguridad de las carreteras y comprometidas al mantenimiento o reconstrucción de estas.

- Se recomienda la implementación de señales de tránsito, delineadores direccionales, paneles de prevención, mojones, delineadores reflectivos y otras señales que no presentan la mayoría de nuestras carreteras, para así ganar mayor seguridad en las carreteras para los usuarios.
- Se recomienda aplicar las siguientes alternativas de mantenimiento para aumentar la seguridad de las carreteras evaluadas:

Alternativas de mantenimiento y reparación de carreteras		
Índice	Fallas	Mantenimiento y conservación
ISef	Demarcación Horizontal	Mantenimiento y cuidado rutinario de las líneas de demarcación y de marcas viales.
	Señalización Vertical	Limpieza, reparación ó reposición de señales verticales, postes de referencia. Implementación en los lugares donde falta señalización.
	Banquina	Limpieza y reparación de banquetas o en caso de ser necesarias la reconstrucción o ampliación.
	Barandas	Limpieza, reparación ó reposición de defensas las metálicas y barandas. Implementación de barandas.
ISc	IRI > 3.5 m/Km	Mantenimiento rutinario ó periódico respectivamente, según el valor indicativo

		del IRI.
	Ahuellamiento	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo superficial, parcheo profundo, sobrecarpeta, tratamiento superficial.
	Exudación	Mantenimiento rutinario ó periódico con aplicación de arena precalentada si fuera necesario.
	Baches	Mantenimiento rutinario ó periódico con parcheo parcial, parcheo profundo. En el caso de ser necesario sobrecarpeta o reconstrucción.