

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

Dada la gran importancia de obras viales en el mundo es necesario establecer indicadores que señalen su calidad, por eso es que la evaluación de estas proporcionen información que puedan ser utilizadas tanto en el diseño como en la construcción de la estructura, permitiendo priorizar las actividades de mantenimiento, rehabilitaciones y reconstrucciones.

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

La evaluación del IRI con diferentes equipos es un aspecto muy importante en cualquier tipo de vía, para ello existen diferentes equipos para medir el perfil longitudinal del camino y así determinar la rugosidad superficial, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados. Se reconocen dos tipos de evaluaciones, la evaluación estructural (relacionada con la capacidad que tiene el pavimento para soportar las cargas de los vehículos) y la evaluación funcional (relacionada directamente con la percepción del usuario al utilizar una determinada vía, permitiendo ofrecer condiciones de seguridad y comodidad, incidencia en los costos de operación de los vehículos, efectos dinámicos modificando el estado de esfuerzo deformación en la estructura del pavimento).

No obstante, para las vías urbanas las circunstancias difieren considerablemente con relación a las carreteras por la presencia de elementos ajenos al pavimento y su estructura, y diferencias en las condiciones de tráfico y sus velocidades de operación. Teniendo en cuenta que las vías urbanas se caracterizan por la presencia de un

sin número de singularidades (cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra, entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino), tipologías, bajas velocidades de operación, congestión permanente y tráfico afectado por maniobras de pare y arranque en intersecciones, que desvirtúen la sensación de comodidad que es medida por el IRI, que pueden alterar la rugosidad superficial.

Cuando se realiza la evaluación del IRI en vías urbanas se debe tomar en cuenta las limitaciones que trae consigo estas vías ya que al realizar la medición se toma en cuenta la posición de las huellas por donde circula el automóvil, en este caso las limitaciones serían que debido a los anchos variables de la calzada esta huella no siempre se encontraría ubicada en el mismo lugar, igualmente se podría mencionar que en el caso que se presentara un obstáculo en la calzada debido a varios factores que pueden ocurrir en una ciudad (como paradas, estacionamientos, reservas de espacios, vendedores ubicados en parte de la calzada, etc.) hacen que las huellas invadan el otro carril de la calzada haciendo así dificultosa la ubicación de estas y por ello la evaluación del IRI, así mismo podemos añadir como otro tipo de limitación el hecho de encontrarse con diferentes pendientes ya en la parte de las intersecciones estas suelen ser diferentes, igualmente se puede mencionar los pasos a desnivel, estos serían una limitación ya que los equipos utilizados son calibrados para una sola pendiente.

1.2. Justificación

La ingeniería de carreteras se ha dedicado durante décadas a garantizar que la estructura del pavimento, quedara capacitada para asumir las cargas del tránsito solicitante, en el periodo de diseño que se hubiese planteado. Así se da preferencia a las metodologías que pretenden determinar la capacidad de las capas del pavimento y los materiales usados para estos. Con lo cual se ha permitido formar generaciones de ingenieros con el concepto según el cual, prevalece el aspecto de resistencia sobre los criterios de rugosidad de las estructuras y sobre la percepción del usuario de la estructura vial. Durante mucho tiempo, se dejó a un lado cualquier intento de mejorar

los aspectos de la rugosidad o lisura de la superficie final, con lo que se pasaron desapercibidos grandes problemas que pudieran haber sido minimizados en los procesos constructivos iniciales de los proyectos.

A lo largo de la vida útil de un pavimento se van presentando distintos grados de deterioro debido a múltiples causas, principalmente a la acción del tránsito y a las condiciones climáticas entre otros, lo que hace necesario conllevar a cabo trabajos de conservación con el fin de mantener en buen estado tanto la superficie de rodamiento como la capacidad estructural para la que fue diseñado, minimizando los sobrecostos de operación en los que incurrirá el transporte al transitar por carreteras en mal estado superficial.

Los estudios pertinentes y las definiciones técnicas relacionadas con la superficie vial, se han desarrollado a medida que se avanza en la fabricación de equipos de mayor rendimiento y precisión. Diferentes países vanguardistas han logrado conciliar una medida aceptada por la comunidad internacional, para medir este parámetro denominado rugosidad o regularidad, que se venía enfrentando de diferentes formas, poco comparables, llegando a establecerse un índice denominado Índice de Rugosidad Internacional.

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es utilizado para medir la irregularidad del rodado en caminos, de acuerdo a esto puede ser entendido como una especificación de la construcción o el estado del pavimento y por lo mismo puede estar orientado para el mantenimiento del mismo. De igual manera estos datos podrán ser utilizados para posteriores estudio y evaluaciones en vías urbanas.

La evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en carreteras no es la misma que en las vías urbanas, tiene limitaciones que alteran esta medición como la presencia de elementos ajenos al pavimento, un sinnúmero de singularidades, diferencias en las condiciones de tráfico y sus velocidades de operación, haciendo que la evaluación del IRI varíe.

Con fines de estudio se conformara una base de datos de valores de rugosidad con los cuales se puedan realizar las evaluaciones del IRI tomando en cuenta las limitaciones que conlleva hacer este estudio en las vías urbanas.

Este estudio se realizara en las vías urbanas de la ciudad de Tarija, con el fin de obtener datos y así su posterior utilización para la evaluación del IRI.

Este estudio abarcara la medición solo en vías urbanas con equipos normalizados para la obtención de la rugosidad, para luego hacer la evaluación del IRI en gabinete.

1.3. Situación problemática

En la ingeniería de carreteras, la calidad del pavimento se analiza determinando la rugosidad superficial, estas se deben principalmente a dos causas: la primera, al procedimiento constructivo, y la segunda al daño producido a la carretera misma por el tránsito vehicular. En ocasiones, dichas irregularidades son una combinación de ambas.

La concientización sobre la necesidad de mejorar la geometría y el estado superficial del pavimento y hacer que esta situación se mantenga en el tiempo de uso de la carretera, es tan reciente, que aún no se exige en todos los proyectos. Lo anterior se debe probablemente al desconocimiento de la especificación o del tema técnico o simplemente por una subvaloración de las características no asociadas a datos de resistencia de los materiales. La situación descrita ocasiona que los interventores, constructores y entidades estatales incumplan la normativa vigente, con inusitada frecuencia.

La rugosidad superficial se define normalmente, por un índice que se refiere a una determinada longitud de carretera. Los índices se obtienen midiendo el perfil longitudinal y aplicando un modelo matemático de análisis para reducir el perfil a un índice estandarizado.

Esta rugosidad superficial se refiere a las condiciones físicas de la superficie por donde circulan los vehículos en cuanto a la rugosidad, las deformaciones, la textura, estado y la limpieza. Al respecto, es de resaltar que defectos como baches, ondulaciones,

encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas u obstáculos en la plataforma, entre otros, afectan drásticamente la comodidad, la seguridad y la economía de los usuarios.

De igual manera una buena rugosidad superficial brinda condiciones de comodidad y seguridad para los usuarios de las vías. Sin embargo cuantificar la comodidad del usuario al transitar por la vía se vuelve relativo a la percepción de cada usuario, la cual tiene directa relación con la magnitud de las irregularidades superficiales del pavimento en estudio.

Ante la diferencia geométrica y estructural que existe entre una carretera y una vía urbana, se hace más dificultosa la medición y evaluación del perfil longitudinal en esta última, ya que en las vías urbanas se tiene la presencia de un sin fin de singularidades (puentes, tapas de alcantarillas, intersecciones, sección transversal, pendientes, pasos a desnivel, etc.), condiciones de tráfico y velocidades de operación diferentes, haciendo que se alteren los datos de medición y evaluación del IRI.

1.3.1. Planteamiento del problema

¿Cómo afectan las limitaciones geométricas y operacionales en la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional en las vías urbanas de la ciudad de Tarija?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las limitaciones geométricas y operacionales planteadas en el IRI en las vías urbanas de la ciudad de Tarija, por medio de correcciones para mejorar los valores del IRI y así obtenerlos con mayor precisión y certeza.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis de la evaluación de pavimentos, aplicando una metodología de uso, aplicándolo en nuestro medio.
- Establecer las metodologías para determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y sus particularidades en la aplicación en vías urbanas,

- Ubicación y características del área de estudio para un mejor análisis de las limitaciones planteadas que existen en las vías urbanas que influyen en la evaluación del IRI.
- Determinar los valores del IRI utilizando programas computarizados.
- Analizar los resultados y recomendar procedimientos en vías urbanas.
- Establecer conclusiones que permitan una mejor visión sobre la evaluación del IRI en vías urbanas y así establecer sus limitaciones para la obtención de mejores resultados con mayor precisión.

1.5. Hipótesis

Si la evaluación de las limitaciones geométricas y operacionales del IRI en las vías urbanas de la ciudad de Tarija, entonces los valores del IRI variarían y estas serán sometidas a correcciones para mejorar los valores del IRI y obtener valores con mayor precisión y certeza.

1.6. Formulación de Variables

- **Variable independiente:** es cuyo valor no depende de otra variable, es aquella característica o propiedad que se supone es la causa del fenómeno, en este caso estaríamos hablando de la **“limitaciones en la evaluación del IRI”**.
- **Variable dependiente:** es una propiedad que hace fluctuar cuyo valor es susceptible de adoptar diferentes valores los cuales pueden medirse u observarse, en este caso estaríamos hablando del **“IRI”**.

1.7. Alcance

En el capítulo I se hará una introducción al tema, en donde se enfocaran conceptos superficiales referidos al título del tema que ayudaran a un mejor entendimiento de este, es así que se dará importancia a las obras viales desde el punto de vista de uno de los indicadores de la evaluación de pavimentos que en este caso sería la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Así mismo nos enfocaremos en un conjunto de problemas que se presentan en la evaluación de pavimentos ya sea en el proceso constructivo para la entrega de un camino o el daño producido por la circulación de vehículos durante un cierto tiempo de uso del camino, también podríamos mencionar que las características de una carretera y una vía urbana no son las mismas, de este modo llegamos a plantearnos que la medición del IRI en las vías urbanas no es la misma que en las carreteras, por lo tanto habrá limitaciones para la medición de esta.

De este modo para la realización del presente estudio tratamos de justificar el porqué de este estudio y su análisis, así mismo para su mejor correlación y orden de lo que se pretenderá hacer en la parte práctica, nos asignamos objetivos que ayudaran a comprender y analizar de mejor manera la parte teórica y práctica, conjuntamente nombraremos los medios y metodologías que se podrán utilizar en la parte práctica.

En el siguiente capítulo se definirán conceptos mucho más adentrados en el tema de la evaluación de pavimentos como la definición de pavimentos, sus tipos, sus funciones, también el mismo concepto de la evaluación de pavimentos y los tipos de evaluación que hay, así mismo se adentrara más en la parte de los indicadores que existe en la evaluación superficial en donde se encontraría la evaluación del IRI.

También se hará una descripción de los equipos que se utilizan para la medición del IRI, que consideraciones se debe tener para realizar de la medición y como se procede al cálculo de este en gabinete.

Posteriormente nos entornaremos más en el tema de las vías urbanas donde tendremos definiciones, partes y clasificación de estas, así mismo hablaremos de las características de las vías urbanas de esta forma podremos tomar más en cuenta las diferencias que tienen las vías urbanas de las carreteras, ya definidas las características nos concentraremos en las limitaciones que se podría tener en las vías urbanas para la evaluación del IRI

Se tocaran puntos como las limitaciones en planta debido a los anchos de calzadas, que son los que contribuyen a la variación de los datos cuando se hace la evaluación del

IRI, de la misma forma las limitaciones en perfil donde se encontrarían calles con pendientes fuertes y también se tomara en cuenta las limitaciones por causas extraordinarias como las intersecciones con sus distintos casos como ser calles con esviajes, así mismo mencionar calles que son de un solo sentido y al pasar por la intersección se vuelven calles de doble sentido o viceversa.

La aplicación práctica se iniciara con una descripción del lugar y características de cada una de las calles que se estudiaran, ya que estas calles no pertenecerán a una sola zona, sino más bien se tratara de escoger calles que tengan las limitaciones ya mencionadas anteriormente para así poder evaluar el IRI y como afectaran estas limitaciones en la evaluación, las calles que se estudiaran serán calles que están constituidas por pavimento flexible y con carpeta asfáltica sobre empedrado, en caso de las intersecciones se hará medidas del IRI en la dirección del flujo vehicular solo de frente debido a q son las que mayormente generaran huellas en la calzada que también tendrá incidencia en los valores del IRI.

Las calles a estudiarse serán:

- Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino
- Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas
- Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid
- Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar
- Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín
- Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito
- Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema
- Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid
- Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar
- Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid
- Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junín
- Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos
- Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez

- Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos
- Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez
- Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo
- Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho
- Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho
- Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación
- Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación
- Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas
- Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos
- Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro
- Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar
- Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina
- Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos
- Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces
- Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano
- Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar
- Intersección entre calle Junín y calle Ingavi
- Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho

Se hará la utilización del equipo de nivel y mira topográfica de donde obtendremos el perfil del terreno por donde pasaran las huellas del vehículo, para que luego esos datos sean introducidos al programa del INPACO que nos dará el valor del IRI.

Para la utilización del equipo se establecerá una metodología de medición, donde se determinara segmentos de medición, su procedimiento en campo y el proceso en gabinete para su posterior evaluación y la identificación de las limitaciones que afectaron a la medición del IRI en campo, para luego realizar una evaluación estadística de los resultados y su posterior validación mediante un proceso estadístico descriptivo.

Finalmente se establecerán las conclusiones en donde se observara en qué proporción afectaran las limitaciones que se tienen en una vía urbana a diferencia de una carretera, para así obtener una mejor visión de la evaluación del IRI en las vías urbanas, como se debe aplicar y tal vez hasta una metodología de medición, igualmente podríamos hacer comparaciones con tablas preestablecidas por otros países para poder analizar si los valores del IRI obtenidos están dentro de lo recomendable.

De la misma forma se harán recomendaciones que coadyuvaran a la medición del IRI en las vías urbanas obteniendo así resultados más precisos y certeros, con los cuales podríamos recomendar un mejor mantenimiento o definitivamente la construcción de un nuevo pavimento en cada una de las calles en estudio.

1.8. Medios

Con el objetivo de unificar los diferentes parámetros que se utilizaban en diferentes países para determinar la rugosidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto internacional “International Road Roughness Experiment” (IRRE), promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se realizó la medición controlada de la rugosidad superficial de pavimentos para un número de vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la rugosidad superficial, el cual satisface completamente criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante, denominado Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index).

El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de rugosidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático. El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI consiste en medir las cotas o elevaciones del terreno que permiten representar el perfil real del camino, a través de un sistema clasificatorio asociado a la precisión obtenido por parte del instrumento utilizado en la auscultación del camino.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

Para la realización del estudio haremos uso del nivel y mira topográfica para obtener el perfil y luego introducir los datos al programa INPACO que nos dará directamente el valor del IRI, para todo esto a continuación describiremos este equipo.

1.8.1. Nivel y mira topográfica

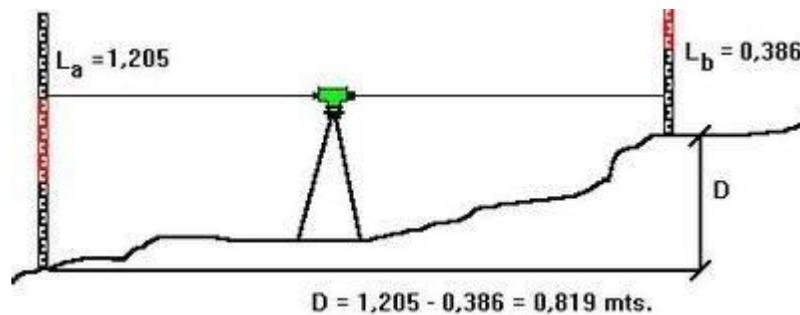
Es la forma más conocida para la medición del perfil longitudinal. El equipo consiste en una mira de precisión graduada con unidades convenientes de elevación (típicamente divisiones de cm.), y un nivel topográfico que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos de cotas de un punto conocido a otro desconocido, que será empleado para establecer el dato de la línea horizontal. Debido a que el proceso de recolección de datos es relativamente lento, en comparación con otros equipos, es considerado de bajo rendimiento. Tiene una gran precisión y permite obtener una medida exacta del perfil del pavimento, generalmente utilizado cuando se miden pocos perfiles. En los proyectos de gran magnitud, en los cuales es necesario la evaluación de la rugosidad superficial, es impráctico y de alto costo.

Fig. 1.1. Nivel y mira topográfica



Fuente: “Determinación de un Procedimiento de Ensayo para el Cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

Fig. 1.2 Obtención de desniveles



Fuente: “Determinación de un Procedimiento de Ensayo para el Cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

Con los datos del perfil longitudinal obtenidos por el nivel y la mira se procede a la introducción de estos datos al programa IMPACO el cual directamente nos da el valor del IRI.

1.8.2. Estación total

La estación total es un instrumento de avanzado diseño para agilizar el trabajo diario, reducir la toma de datos y aumentar la precisión de sus trabajos, es un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciometro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Algunas de las características que incorpora, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciometro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias.

El instrumento realiza la medición de ángulos a partir de marcas realizadas en discos transparentes. Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora (generalmente microondas o infrarrojos) con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto a medir y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Algunas estaciones totales presentan la capacidad de medir "a sólido", lo que significa que no es necesario un prisma reflectante.

La estación robótica en pocas palabras, es un equipo que tiene una funcionalidad de buscar por su cuenta el objetivo, haciendo un barrido hasta que lo encuentra. Estas funcionan con una colector manual que opera la estación desde el lugar donde se encuentra el prisma.

Escanea el área de trabajo en cuestión de segundos para encontrarte rápidamente. Por lo tanto, todo el trabajo puede realizarse con un solo hombre por control remoto.

La tecnología de amplio rango de búsqueda localiza rápidamente el prisma en el bastón y una vez fijado, continua el seguimiento del prisma mientras te mueves.

Mediciones completamente automáticas son realizadas al presionar un botón en su mando a distancia.

Genéricamente se los denomina estaciones totales porque tienen la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles, lo cual requería previamente de diversos instrumentos. Estos teodolitos electro-ópticos hace tiempo que son una realidad técnica accesible desde el punto de vista económico. Su precisión, facilidad de uso y la posibilidad de almacenar la información para descargarla después en programas de CAD ha hecho que desplacen a los teodolitos, que actualmente están en desuso.

Fig. 1.3. Estación Total Robótica



Fuente: Manual TOPCON - Internet

De igual forma los datos obtenidos del perfil longitudinal con la estación total serán introducidos al programa IMPACO el cual directamente nos da el valor del IRI.

1.9. Metodología

Para la ejecución del ensayo se realizarán las siguientes etapas, que ayudarán a facilitar el manejo de datos y la obtención de resultados.

ETAPA 1.- SEGMENTOS DE MEDICIÓN.- En esta etapa se ubicará el lugar en donde se realizarán las mediciones, como se trata de calles aisladas se elegirán calles que tengan estas posibles limitaciones como la variación en los anchos de calzadas, con pendientes pronunciadas, intersecciones, etc.,

Para los tramos rectos elegiremos tramos de 20 m de longitud ubicados en la parte central de la cuadra de un determinado carril de cada una de las vías que se estudiarán, se realizarán marcaciones en el carril por donde se ubiquen las huellas, es decir, por cada carril que tenga la calzada se realizarán dos marcaciones esto es debido a cada una de las huellas que deja el vehículo en su circulación por el carril, se debe tomar en cuenta y verificar que esta marcación esté sobre la huella que deja el tráfico. En el mejor de los casos se hará una segmentación cada 0,5 m para mayor precisión para la toma de datos.

En el caso de las intersecciones se realizará el mismo procedimiento mencionado anteriormente solo que en este caso se medirá en las direcciones del flujo vehicular solo de frente y no así en las curvas debido a que no todos los automóviles realizan la misma maniobra de giro y por lo tanto será difícil de encontrar las huellas en el lugar de estudio.

ETAPA 2.- PROCESO DE MEDICIÓN.- Al ejecutarse el ensayo con el nivel y la mira, se necesitará de un operador que conduzca del nivel, realice y anote las lecturas y un auxiliar que agarre la mira para realizar las lecturas con el nivel.

Se estacionará el nivel de manera que la visual del anteojo describa una distancia horizontal. El nivel se situará en un trípode y se realizará su respectiva nivelación.

Sucesivamente se procede a tomar las medidas del hilo medio superior e inferior. Según una tabla preestablecida.

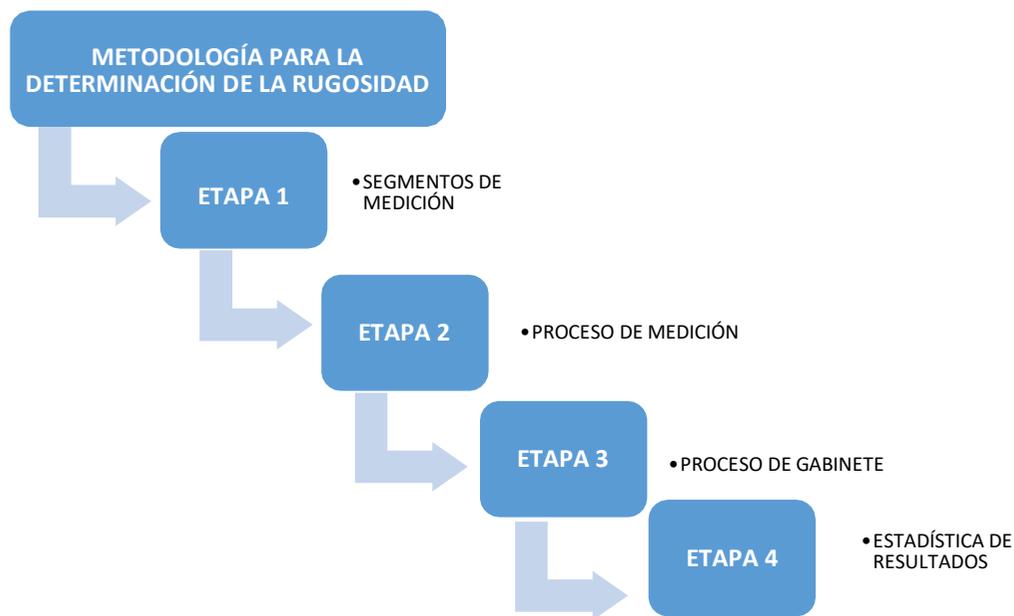
Posteriormente, se procederá a cambiar la estación para visualizar los otros puntos en caso de que sea necesario.

ETAPA 3.- PROCESO DE GABINETE.- Con todos los datos ya obtenidos se procede a hacer un análisis en gabinete en donde se harán las siguientes correcciones:

Como ya se tienen los datos del nivel y la mira se procederá a graficar el perfil longitudinal, igualmente estos datos serán introducidos a un programa computacional que sería el INPACO que nos dará los datos de rugosidad para su posterior análisis.

ETAPA 4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.- Evaluaremos los valores obtenidos, así mismo se realizara un análisis de errores para comprobar que los datos sean coherentes y se hará un análisis de las posibles limitaciones que afectaron en la medición para la obtención de los valores del IRI en cada uno de los casos.

Fig. 1.4. Metodología



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

2. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS Y SUS INDICADORES

2.1. Pavimentos

2.1.1. Definición

Un pavimento es una estructura vial formada por una o varias capas de materiales seleccionados, capaz de resistir las cargas impuestas por el tránsito y la acción del medio ambiente y de transmitir al suelo de apoyo esfuerzos y deformaciones tolerables por éste. Desde el punto de vista estructural, un pavimento transmite en forma adecuada las cargas hacia el terreno de fundación, es decir, sin rotura de los materiales o deformaciones exageradas para la estructura.

2.1.2. Clasificación de pavimentos

Los pavimentos están clasificados de acuerdo a las características de su capa superficial o capa de rodadura, teniéndose así los siguientes pavimentos.

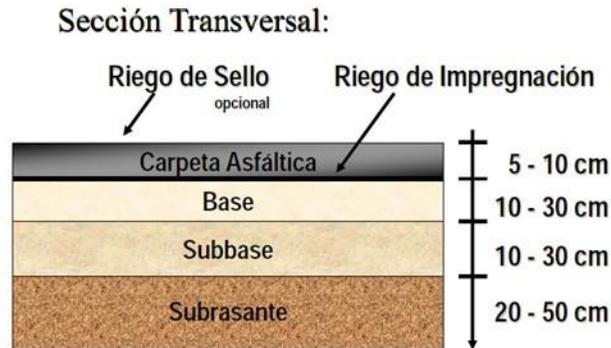
- ↗ Pavimento asfáltico o flexible
- ↗ Pavimento de concreto o rígido
- ↗ Empedrados
- ↗ Carpeta asfáltica sobre empedrado
- ↗ Otros

Pavimentos Asfálticos o Flexibles: Son aquéllos contruidos con materiales asfálticos y materiales granulares.

En general, están contruidos por una capa delgada de mezcla asfáltica contruida sobre una capa de base y una capa de sub-base, las que usualmente son de material granular.

Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada sub-rasante.

Fig. 2.1. Pavimento flexible



Fuente: "Pavimentos", Universidad Tecnológica Nacional, Ing. Claudio Giordani

En las capas superiores donde los esfuerzos son mayores, se utilizan materiales con mayor capacidad de carga y en las capas inferiores donde los esfuerzos son menores, se colocan materiales de menor capacidad.

El uso de materiales con menor requerimiento permite el uso de materiales locales, dando como resultado diseños más prácticos.

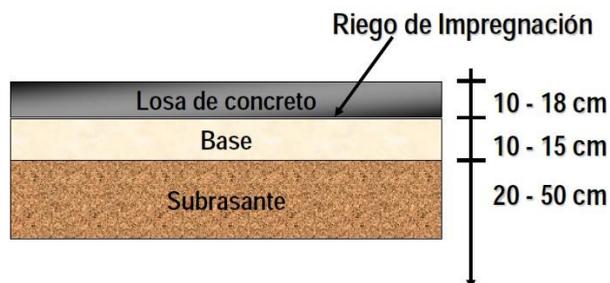
Pavimentos de Concreto o Rígidos: Son pavimentos construidos con concreto de cemento portland y materiales granulares.

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de sub-base constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

Fig. 2.2. Pavimento rígido

Sección Transversal:



Fuente: "Pavimentos", Universidad Tecnológica Nacional, Ing. Claudio Giordani

Diferencias entre pavimentos de concreto y de asfalto

Los adjetivos rígido y flexible nos proporcionan una práctica idea sobre cómo los pavimentos reaccionan frente a las cargas y al medio ambiente.

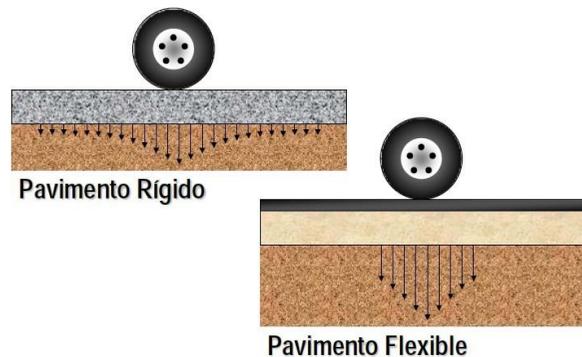
Su principal diferencia es cómo cada uno de ellos transmite las cargas a la subrasante.

La alta rigidez de la losa de concreto le permite mantenerse como una placa y distribuir las cargas sobre un área mayor de la subrasante, transmitiendo presiones muy bajas a las capas inferiores. Por sí misma, la losa proporciona la mayor parte de la capacidad estructural del pavimento rígido.

Pavimento flexible, está construido con materiales débiles y menos rígidos (que el concreto), más deformables, que transmiten a la subrasante las cargas de manera más concentrada, distribuyendo el total de la carga en menos área de apoyo.

Por lo tanto, el pavimento flexible normalmente requiere más capas y mayores espesores para resistir la transmisión de cargas a la subrasante.

Fig. 2.3. Diferencia de la distribución de cargas entre un pavimento rígido y flexible



Fuente: “Pavimentos”, Universidad Tecnológica Nacional, Ing. Claudio Giordani

Empedrado: Se llama empedrado a toda aquella superficie de rodadura construida con cantos rodados o piedra partida, la misma que se ejecuta sobre una rasante o una capa de apoyo debidamente terminada y de acuerdo las especificaciones técnicas.

Esta superficie, al estar constituida de cantos rodados o piedra partida, debe cumplir condiciones mínimas que garanticen la eficiencia del empedrado. Las principales características físico – mecánicas del canto rodado o piedra son:

Tabla 2.1. Características Físico – Mecánicas del Material de Empedrado

CARACTERÍSTICAS	VALOR REQUERIDO
Pérdida por abrasión en máquina de los Ángeles (500 revoluciones)	$\leq 40\%$
Pérdida de peso mediante ensayo de durabilidad luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio	$\leq 12\%$
Densidad mínima	2.3 gr/cm ³
Diámetro mínimo para empedrado	8 cm
Diámetro máximo para empedrado	12 cm
Diámetro mínimo para maestra o cordones maestros	10 cm
Diámetro máximo para maestra o cordones maestros	15 cm

Fuente: “Manual Andino para la Construcción y Mantenimiento de Empedrados”, Organización Internacional del Trabajo, 2004

Las mejores fuentes de materiales de piedra son las terrazas aluviales y conglomerados, aunque no debe descartarse la utilización de piedra obtenida de un proceso de trituración. Debido a la necesidad de contar con subrasantes adecuadas y un diseño geométrico del camino que garanticen una adecuada funcionalidad, se establecen las siguientes características:

Tabla 2.2. Características técnicas de la Subrasante y del Diseño Geométrico

CARACTERÍSTICAS	VALOR REQUERIDO
Tipo de suelo clasificación SUCS	ML o CL
Tipo de suelo clasificación AASHTO	A4 o A6
CBR mínimo	6%
CBR recomendado	8%
% de compactación de la subrasante luego de la reconfiguración (relación a Proctor Modificado)	≥ 95%
Bombeo de calzada	3 -4%
Gradiente longitudinal mínima	0,5%
Gradiente longitudinal máxima	15,0%
Máximo longitud de tramo con pendiente ≥ 15%	500 m

Fuente: “Manual Andino para la Construcción y Mantenimiento de Empedrados”, Organización Internacional del Trabajo, 2004

Carpeta asfáltica sobre empedrado: En la actualidad los municipios están adoptando la modalidad de aplicar concreto asfáltico sobre una base de empedrado, esta práctica es netamente empírica y sin ningún fundamento teórico que respalde este tipo de pavimentación, pero hasta el momento es muy usual y común debido a que la ejecución de este tipo de pavimento es económico, de corto plazo y no hay necesidad de estudios económicos.

La ejecución de este tipo de pavimentación se lo realiza en dos etapas, la primera etapa se dividiría en procesos como replanteo y trazado, movimiento de tierras, perfilado, empedrado y compactación, este empedrado sería una base para de la capa de

rodadura, la segunda etapa se divide en varios procesos como la imprimación o riego asfáltico, mezcla en planta o en caliente, transporte y extendido del material y la compactación de la carpeta asfáltica.

Este tipo de pavimento involucra el hecho de que la mezcla asfáltica envuelve al empedrado haciendo que este quede ligado teniendo así una flexibilidad que es característica de los pavimentos flexibles.

Otros: Adoquines, suelo cemento.

2.1.3. Funciones del pavimento

El pavimento es la estructura de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos:

- Con seguridad.
- Con comodidad
- Con el costo óptimo de operación

Para lograr el correcto funcionamiento de un pavimento se debe cumplir con determinados objetivos entre los cuales citamos los siguientes:

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
- Tener la impermeabilización necesaria.

2.2. Evaluación de pavimentos

La evaluación de pavimentos es una tarea muy importante, cada institución se dedica al mantenimiento y conservación de las vías (caminos, calles, autopistas), con el único propósito de detectar fallas o anomalías que pudiera presentar una determinada vía, para luego ver la alternativa de solución en caso de necesitarla, de tal forma poder seguir dando la continuidad de operación a dicha vía.

Con el transcurso del tiempo y bajo la acción del tráfico, los pavimentos empiezan a presentar deterioros, aunque a menudo el origen de los daños aparentes está en efectos de ejecución, en consecuencia, entre la información que como mínimo ha de tener una

base de datos de un sistema de gestión de firmes esta la relativa a los deterioros superficiales, es decir, los que pueden ser detectados mediante una inspección visual directa o mediante unos sistemas automáticos de detección visual.

Al estar en operación una obra vial, se va deteriorando, presentando diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros que se van teniendo, al principio pueden ser pequeños, pero con el transcurso del tiempo pueden ser la causa de problemas serios en la obra vial, que aceleren su falla, por lo que para una obra proporcione un servicio adecuado requiere de mantenimiento o conservación, que cuando menos asegure la vida útil del proyecto.

En general, la evaluación de un pavimento consiste en determinar los daños existentes en éste, así como las causas de origen. Asimismo, tiene por objeto establecer un diagnóstico que permita seleccionar y proyectar la solución de mantenimiento o rehabilitación más adecuada para cada uno de los tramos homogéneos en que puede dividirse la carretera en estudio.

En la evaluación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Debe ser sistemática y permanente, a fin de detectar los daños tan pronto como se presentan y tomar de inmediato las medidas preventivas o correctivas más adecuadas.
- No se debe asumir determinadas condiciones o propiedades de los materiales, dado que esto puede impedir que se obtengan los resultados deseados.
- Se debe distinguir entre los daños que influyen en la calidad del tránsito, y aquellos que se refieren al deterioro y reducción de la capacidad de carga del pavimento.
- Condición de drenaje. La presencia de bombeo en juntas y grietas me indica que hay deficiencias en el drenaje.

2.3. Tipos de evaluación de pavimentos

2.3.1. Evaluación estructural

La evaluación estructural se refiere a una apreciación de los tramos cuyo estado de deterioro ha decaído hasta un nivel en el cuál el pavimento ha reducido su capacidad de resistir cargas; y cualquier programa de mantenimiento tradicional ya no es factible. Por lo tanto, dichos tramos deben ser rehabilitados para que vuelvan a ser transitables.

El principal objetivo de la evaluación estructural es determinar la capacidad estructural efectiva del pavimento existente, ya que de ella va depender que el refuerzo sea correctamente diseñado.

Hay tres maneras de determinar la capacidad estructural del pavimento existente:

- Capacidad estructural basada en la observación visual y ensayo de materiales.
- Capacidad estructural basada en ensayos no destructivos
- Capacidad estructural basada en la vida remanente.

2.3.2. Evaluación superficial

Se entiende por evaluación funcional o superficial a la inspección superficial realizada en una vialidad con el objeto de determinar los deterioros que afectan al usuario, pero que no comprometen la capacidad estructural del pavimento.

Existen diferentes indicadores para establecer el estado superficial de un pavimento. Cada indicador generalmente es expresado a través de fórmulas, en las que se recoge una serie de parámetros del pavimento. Para cada indicador existen tablas en las cuales se dan valores que indican en que condición se encuentra el pavimento, generalmente cada país en su norma de pavimentos establece estos límites.

Los diversos organismos internacionales que investigan los pavimentos han creado diversos índices que permiten evaluar en qué estado se encuentra, esto con la finalidad de recomendar una rehabilitación oportuna.

2.4. Indicadores

Entre los principales indicadores del estado superficial del pavimento tenemos:

- Índice de serviciabilidad presente (PSI).
- Índice de rugosidad internacional (IRI).
- Índice de condición del pavimento (PCI).
- Índice de estado (IE).
- Índice de fricción internacional (IFI)

Cada uno de estos indicadores establece rangos para evaluar el pavimento. Su finalidad principal es definir en qué estado se encuentra superficialmente el pavimento, pero también puede ser un indicador de la necesidad de realizar una evaluación estructural.

2.4.1. Índice de serviciabilidad presente (PSI)

Es un índice de la comodidad y seguridad que percibe el usuario al transitar en el pavimento, este método fue desarrollado por los años sesenta por AASHTO.

La forma de medición de este índice ha variado, en un principio se realizaba en forma subjetiva a través de cinco conductores, quienes transitaban en el pavimento varias veces evaluando su confort en una escala de 0 (pésimo) – 5 (excelente). Al ser esta medición subjetiva podía reflejar un panorama inexacto del estado del pavimento, por lo que el proceso de medición fue objeto de modificaciones. Para reflejar mejor el estado del pavimento se incorporaron parámetros medibles tales como: rugosidad, agrietamientos, ahuellamientos, baches, los cuales se correlacionaron con las opiniones de los usuarios para finalmente, a través de métodos estadísticos, obtener el PSI.

Los rangos de evaluación que se deberán tener en cuenta en la calificación del estado del pavimento a través del PSI se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Escala de calificación de la serviciabilidad

0 – 1	Muy pobre
1 – 2	Pobre
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 – 5	Muy buena

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993”.

La rugosidad es el parámetro que gobierna el valor del PSI, dado que es el factor que tiene más en cuenta el usuario para juzgar la calidad del pavimento. Así, es importante emplear un instrumento confiable para medir la rugosidad al monitorear la historia del comportamiento del pavimento.

Existen diferentes equipos para medir la rugosidad o pendiente longitudinal desde los más tradicionales como el rugosímetro, perfilómetro hasta instrumentos modernos de última generación como el perfilógrafo láser, el analizador de perfil longitudinal (APL), etc.

2.4.2. Índice de rugosidad internacional (IRI)

Este índice como su propio nombre lo indica evalúa el estado de la superficie del pavimento, en qué condiciones se encuentra, por lo tanto al igual que el PSI está relacionado con el confort del usuario al transitar en el pavimento.

El IRI es el número de irregularidades (desplazamientos verticales) obtenido, por medio de una simulación matemática, con un "cuarto de coche" que circula a 80 km/h, dividido por la longitud del intervalo (m/km). En la actualidad hay diversos instrumentos que permiten obtener el IRI de una manera rápida y precisa, como el perfilómetro pivotante, el SCRIM, etc.

El IRI no solamente se usa para evaluar pavimentos antiguos. En algunos países, se usa para la recepción de obras nuevas. Se ha especificado que el IRI no debe superar determinados valores para realizar la recepción de carreteras.

En lo referente a las escalas de clasificación existen diferentes, en cada país de acuerdo a su experiencia se pueden establecer estos límites. En la tabla 2.4 se muestran valores de IRI para algunos países.

Tabla 2.4. Valores de IRI (m/km) utilizados internacionalmente

País	Bueno	Regular	Malo	Rechazo	Recepción
EE.UU.	<2.4	2.4-4.7	>4.7		
España	0-2.5	2.5-4.0	>4	2.5	1.85
Chile	0-3	3-6	>4	2.5	2.5
Honduras	<3.5	3.5-6.0	>6		
Uruguay	<3.9	4-6	>4.6		

Fuente: Publicación “Índices de Medición de la Regularidad de un Pavimento”, 2002, Edwing Alvarenga – w.w.w.biblioteca.udep.edu.pe

Los valores de IRI presentados en la tabla 2.4 son casi parecidos, siendo Honduras el país que da mayor rango para el IRI y España el país con menores rangos. Cada país de acuerdo a su experiencia establece estos límites. En el caso de nuestro país aún no existe una normalización al respecto y generalmente se basan en los de otros países. Esto es muy subjetivo ya que los índices de otros países no reflejan las características de los pavimentos del país.

2.4.3. Índice de condición del pavimento (PCI)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de

posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la Tabla 2.5. se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 2.5. Rangos de calificación del PCI

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Fuente: Pavement Condition Index (pci) - Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras - Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - 2002

2.4.4. Índice de estado (IE)

Facilita el manejo de la información en un nivel general, agrupa en una sola fórmula las fallas más significativas que afecta a un pavimento. Se han desarrollado diferentes ecuaciones según el tipo de pavimento.

La fórmula general es:

$$I = 100 \cdot e^{-\sum a_i \cdot b_i} \quad \text{Ecuación 2.1.}$$

Donde:

ai: es el coeficiente de peso, que depende del tipo de la capa de rodamiento del pavimento evaluado, según sea flexible con capa de rodamiento de concreto asfáltico, flexible con tratamiento bituminoso superficial, o rígido adoptan valores entre 0.04 y 0.08.

Di: es el coeficiente que valoriza el grado de falla, adopta valores correspondientes entre 0 y 10, correspondiendo los mayores valores a situaciones más desfavorables.

El rango establecido para evaluar un pavimento a través del IE está entre 1 y 10, correspondiendo los mayores a los mejores estados de los pavimentos. En la tabla 2.6 se dan los rangos correspondientes a cada uno.

Tabla 2.6. Rangos de IE según el estado del pavimento

Rango de IE	Estado del pavimento	Recomendación
7-10	Bueno	Mantenimiento preventivo
5-7	Regular	Estudio para determinar la conveniencia de encarar oportunamente las fallas con tareas de mantenimiento
< 5	Deteriorado	Requiere atención urgente (rehabilitación)

Fuente: Pavement Condition Index (pci) - Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras - Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela - 2002

2.4.5. Índice de Fricción Internacional (IFI)

El Índice de Fricción Internacional (IFI), es el segundo de una, probable, larga serie de indicadores internacionales que definen el estado de una carretera. El desarrollo de indicadores internacionales comenzó con el IRI (Índice de Rugosidad Internacional).

Así pues, el IFI se puede describir como una escala de referencia, de aplicación internacional, de la fricción y de la textura de un pavimento. Entendiendo como

textura, las pequeñas irregularidades superficiales de la capa de rodadura que contribuyen a dicha fricción. Considerando los equipos para la medición de la fricción se trató de establecer un parámetro de macrotextura para amortizar los resultados. Por lo tanto el Índice de Fricción IFI viene indicado por dos números expresados entre paréntesis separados por una coma, el primero representa la fricción y el segundo la macrotextura. El primero es un número adimensional y el segundo es un número positivo sin límites determinados y unidad de velocidad (km/h). El valor cero de fricción indica deslizamiento perfecto y el valor uno, adherencia. No es posible, por el momento, con una relación sencilla, definir o establecer el segundo número que compone el IFI.

En resumen, el Índice de Fricción Internacional IFI, es una escala de referencia basado en el modelo AICPR (que relaciona la fricción con la velocidad de deslizamiento), modelo que sirve para estimar la constante de referencia de velocidad (S_p) y la fricción a 60 km/h (ver figura 2.4.). El par de valores (F_{60} y S_p) expresan el IFI de un pavimento y permite calcular el valor de fricción $F(S)$, a cualquier velocidad de deslizamiento S mediante la siguiente ecuación:

$$F(S) = F_{60} * e^{-\frac{S - S_p}{WWS}} \quad \text{Ecuación 2.2.}$$

Donde:

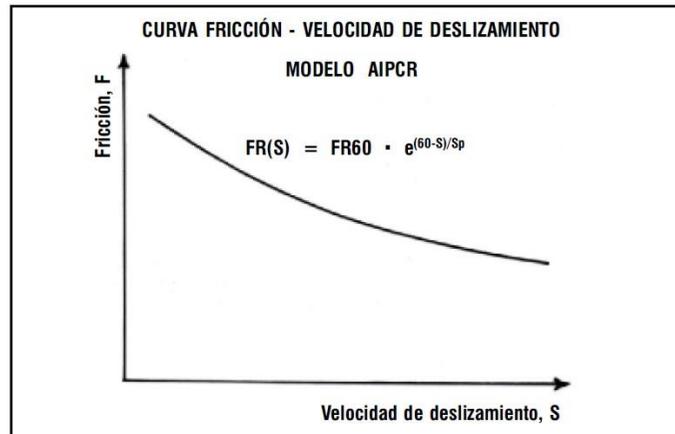
$F(S)$ = es el valor de la fricción a cualquier velocidad de deslizamiento S

F_{60} = es el valor de la fricción a 60 km/h

S_p = constante de referencia de velocidad

S = velocidad de deslizamiento

Fig. 2.4. Curva fricción-Velocidad de deslizamiento (Según el modelo de AIPCR)



Fuente: Índice de Seguridad Vial – Revista Universidad EAFIT N°127– Medellín – 2002

2.5. Evaluación de la rugosidad superficial

2.5.1. Definición de la rugosidad superficial

Según el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia, la rugosidad se define como alteraciones del perfil longitudinal de una vía, que provocan vibraciones en los vehículos que lo recorren. Es la desviación de la superficie respecto a una superficie plana, con dimensiones características que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al andar. Se mide con el indicador denominado Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual se expresa en m/km, mm/m o pul/milla.

Según Badilla, la regularidad de la superficie de rodadura para la circulación de los vehículos tiene importancia en varios aspectos que se describen a continuación:

- a) Seguridad y comodidad: Una buena regularidad superficial permite ofrecer condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las vías.
- b) Costos de operación vehicular: Tiene incidencia en los costos de operación de los vehículos, puesto que, dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse por un mayor desgaste en llantas y componentes mecánicos de los vehículos y mayor consumo de combustible.

- c) Efectos dinámicos: Los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las vías, pueden reflejarse no solo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción).
- d) Acciones de conservación de las vías: La rugosidad inicial de los pavimentos es un indicador de la calidad de la construcción de las vías. Si el pavimento es construido con buena regularidad superficial se espera que su vida útil sea mayor que otro que tenga mayores deformaciones; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el progreso de las irregularidades depende de muchos otros factores como las cargas impuestas por el tráfico, el clima, la variabilidad de los materiales de construcción, el estado de la subrasante, variaciones de topografía, presencia de estructuras en la vía, entre otros aspectos, por lo tanto es de suma importancia conocer la rugosidad superficial del pavimento en cualquier momento desde el inicio de su periodo de servicio o de la vida útil, para definir las acciones de conservación (mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción) necesarias en el momento pertinente.

2.5.2. Equipos para la medición de la regularidad superficial de los pavimentos

Con el objetivo de unificar los diferentes parámetros que se utilizaban en diferentes países para determinar la regularidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto internacional International Road Roughness Experiment (IRRE), promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para un número de vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial, el cual satisface completamente criterios de ser estable en el tiempo,

transferible y relevante, denominado Índice de Rugosidad Internacional (IRI, International Roughness Index).

El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático. El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI consiste en medir las cotas o elevaciones del terreno que permiten representar el perfil real del camino, a través de un sistema clasificatorio asociado a la precisión obtenido por parte del instrumento utilizado en la auscultación del camino.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

Existen diferentes equipos para determinar la rugosidad superficial de los pavimentos, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados.

2.5.2.1. Nivel y mira topográfica

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 (típicamente divisiones de cm.), y un nivel topográfico que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos de cotas de un punto conocido a otro desconocido, que será empleado para establecer el dato de la línea horizontal. Debido a que el proceso de recolección de datos es relativamente lento, en comparación con otros equipos, es considerado de bajo rendimiento. Tiene una gran precisión y permite

obtener una medida exacta del perfil del pavimento, generalmente utilizado cuando se miden pocos perfiles. En los proyectos de gran magnitud, en los cuales es necesario la evaluación de la regularidad superficial, es impráctico y de alto costo (ver figura siguiente).

Fig. 2.5. Nivel y mira topográfica



Fuente: “Determinación de un Procedimiento de Ensayo para el Cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

2.5.2.2. Estación total

La estación total es un instrumento de avanzado diseño para agilizar el trabajo diario, reducir la toma de datos y aumentar la precisión de sus trabajos, es un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Algunas de las características que incorpora, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de

diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias.

El instrumento realiza la medición de ángulos a partir de marcas realizadas en discos transparentes. Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora (generalmente microondas o infrarrojos) con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto a medir y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Algunas estaciones totales presentan la capacidad de medir "a sólido", lo que significa que no es necesario un prisma reflectante.

La estación robótica en pocas palabras, es un equipo que tiene una funcionalidad de buscar por su cuenta el objetivo, haciendo un barrido hasta que lo encuentra. Estas funcionan con una colectora manual que opera la estación desde el lugar donde se encuentra el prisma.

Escanea el área de trabajo en cuestión de segundos para encontrarte rápidamente. Por lo tanto, todo el trabajo puede realizarse con un solo hombre por control remoto.

La tecnología de amplio rango de búsqueda localiza rápidamente el prisma en el bastón y una vez fijado, continua el seguimiento del prisma mientras te mueves. Mediciones completamente automáticas son realizadas al presionar un botón en su mando a distancia.

Genéricamente se los denomina estaciones totales porque tienen la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles, lo cual requería previamente de diversos instrumentos. Estos teodolitos electro-ópticos hace tiempo que son una realidad técnica accesible desde el punto de vista económico. Su precisión, facilidad de uso y la posibilidad de almacenar la información para descargarla después en programas de CAD ha hecho que desplacen a los teodolitos, que actualmente están en desuso.

Fig. 2.6. Estación Total Robótica



Fuente: Manual TOPCON - Internet

Fig. 2.7. Utilización del equipo



Fuente: Manual TOPCON - Internet

2.5.2.3. Merlín

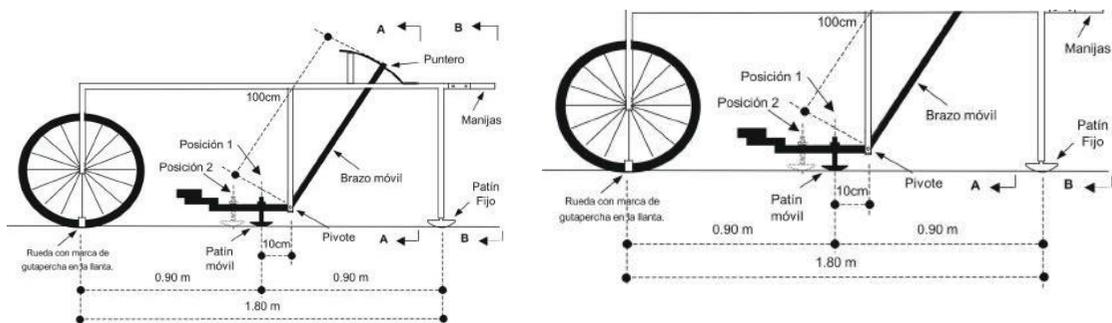
El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables.

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo.

El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

El MERLIN es un equipo de diseño simple. En la siguiente figura se presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

Fig. 2.8. Esquema del rugosímetro MERLIN



Equipo para Rugosidad – Pablo del Águila Rodríguez

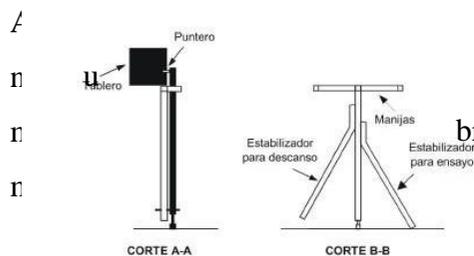


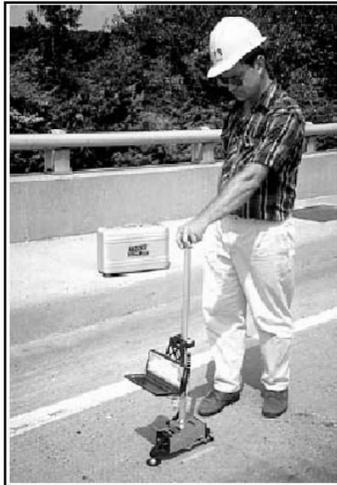
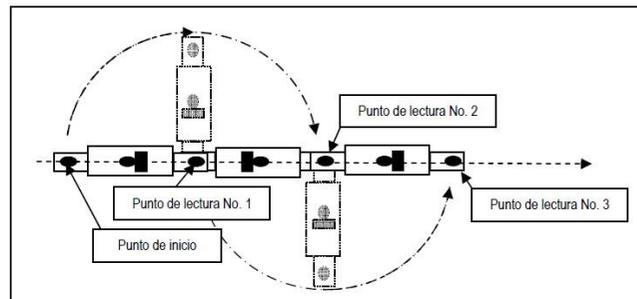
Figura N° 3
Esquema del Rugosímetro MERLIN

El elemento horizontal, se proyecta hacia abajo, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil que está en contacto directo con el piso, el cual se adecua a las imperfecciones del

terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

2.5.2.4. Dipstick

Los equipos Dipstick pueden usarse para obtener una cantidad relativamente pequeñas de medidas del perfil longitudinal del pavimento. El Dipstick consiste en un inclinómetro sostenido entre dos apoyos separados por 300 mm o 250 mm, los cuales registran la elevación de un apoyo relativo a la elevación del otro. El operador conduce el Dipstick sobre una sección de pavimento premarcado, rotando el instrumento alternadamente sobre cada apoyo (ver Figura 2.8. y Figura 2.0.). Se registran las lecturas secuencialmente mientras que el operador recorre la sección. El dispositivo registra de 10 a 15 lecturas por minuto. El software de análisis es capaz de proporcionar un perfil exacto a $\pm 0,127$ mm. El Dipstick comúnmente es usado para medir un perfil para la calibración de instrumentos más complejos, tal como los equipos tipo respuesta RTRRMS, así mismo para la verificación de resultados obtenidos por los perfilómetros inerciales.

Fig. 2.9. Equipo Dipstick**Fig. 2.10. Operación de equipo de Dipstick**

Fuente: “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

2.5.2.5. Perfilógrafos

Los perfilógrafos han estado disponibles durante muchos años y han existido en una variedad de formas y marcas. Dos tipos básicos de perfilómetros que se han desarrollado, que difieren en la configuración del sistema de ruedas que los soportan, el funcionamiento y procedimiento de medida de los dispositivos, son el perfilógrafo *California* y el *Rainhart* (ver Figura 2.10 y Figura 2.11).

Fig. 2.11. Perfilógrafo California**Fig. 2.12. Perfilógrafo Rainhart**

Fuente: “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

Los perfilógrafos tienen una rueda sensible, montada al centro del marco para mantener el movimiento vertical libre. La desviación de un plano de referencia, establecido por el marco del perfilógrafo, se registra (automáticamente en algunos modelos) en papel según el movimiento de la rueda sensible. Los perfilógrafos pueden calcular desviaciones muy ligeras de la superficie y ondulaciones en aproximadamente 6.0 m en longitud.

Los perfilógrafos son aparatos relativamente baratos, simples de manejar y mantener, y proveen un perfil de la superficie analizada que los usuarios fácilmente puedan entender. Ambos son operados manualmente por una sola persona, a la velocidad normal de caminado; por esta razón no se usan para obtener la rugosidad de una red de carreteras, labor que requiere de alta velocidad.

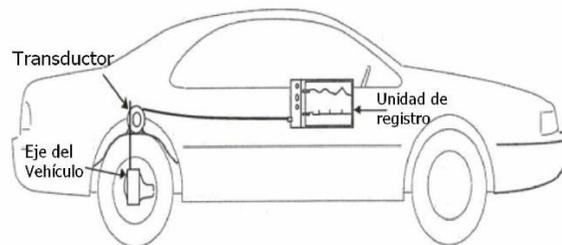
Su principal uso ha sido en el control de calidad de construcciones, en los cuales se realizan chequeos de los nuevos tramos de pavimentos con defectos y verificar su corrección. Son también muy apropiados para examinar losas de puentes, así como para aquellos trabajos que requieren solo una distancia corta de perfil.

2.5.2.6. Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS)

Por largos años, la mayoría de datos de rugosidad de los pavimentos de una red fueron obtenidos con vehículos instrumentados con medidores de las regularidades de las superficies de rodamiento, llamados sistemas de medición de la rugosidad de una carretera tipo respuesta (RTRRMS, por sus siglas en inglés “*response-type road roughness measuring system*”).

Los equipos RTRRMS operan a la velocidad normal de circulación de una carretera, estos dispositivos están montados en un vehículo liviano, o en un remolque especial. Los equipos RTRRMS miden los movimientos verticales del eje trasero del automóvil o el eje del remolque respecto al marco del vehículo, por lo que no es realmente una medida verdadera de la lisura de la superficie (ver Figura 2.13).

Fig. 2.13. Componentes de equipos tipo respuesta



Fuente: “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

Un dispositivo que se ha utilizado comúnmente es el *Mays Ride Meter*, el cual determina la rugosidad de la vía midiendo el desplazamiento entre el soporte del eje y la carrocería del vehículo anfitrión. Por consiguiente, el hecho de que el sistema tipo respuesta depende de la dinámica de vehículo anfitrión tiene varios efectos no deseados:

- Las medidas de rugosidad no son estables en el tiempo, es decir, las medidas realizadas recientemente con un RTRRMS, no pueden ser comparadas con aquellas mediciones realizadas en años anteriores.
- Las medidas de rugosidad no son transportables. Las medidas realizadas por un RTRRMS que utiliza un determinado sistema son raramente reproducibles por otro.

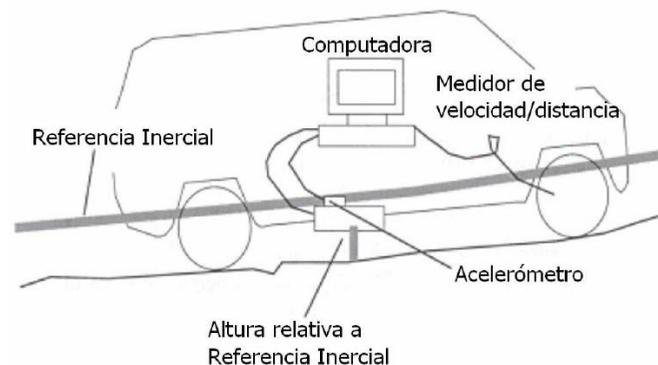
A pesar de estos y otros problemas asociados con medidores tipo respuesta, han estado funcionando durante los últimos 50 años y aun con el advenimiento de otros perfilógrafos, gran cantidad de agencias de carreteras los siguen usando.

2.5.2.7. Perfilómetro Inercial

El perfilómetro inercial es un equipo de alto rendimiento que producen medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino; concebidos especialmente para el análisis de la rugosidad superficial de la carretera, tanto longitudinal como transversal, superando la calidad y precisión a cualquier equipo tradicional.

Estos equipos producen medidas continuas del perfil longitudinal a altas velocidades a través de la creación de una referencia inercial, integrado por acelerómetros colocados en el vehículo los cuales permiten obtener el movimiento vertical del mismo y sensores de “no contacto” utilizados para medir el desplazamiento relativo entre el vehículo y la superficie del pavimento (ver Figura 2.14).

Fig. 2.14. Componentes de equipos con referencia inercial



Fuente: “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

Las mediciones son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento. Generan el perfil longitudinal del camino en tiempo real y sobre todo tienen la ventaja de realizar las mediciones a altas velocidades, facilitando la obtención de datos en una determinada vía.

A continuación se resumen las principales características de los equipos utilizados para la medición de la rugosidad superficial (ver tabla 2.7).

Tabla 2.7. Equipos utilizados para la medición de la rugosidad superficial de pavimentos

Equipo	Grado de Precisión	Implementación	Complejidad del equipo	Observaciones
Nivel y mira topográfica	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos.
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos.
Perfilógrafos	Medio	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red.
Equipos tipo respuesta (RTRRMS)	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables, ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo.
Perfilómetro inercial	Muy alto	Monitoreo de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales	Muy Compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Su principal uso es la evaluación de redes viales grandes.

Fuente: “Determinación de un Procedimiento de Ensayo para el Cálculo del IRI – Costa Rica – 2008”

2.5.3. Consideraciones e implicaciones de la medición del índice de rugosidad internacional (IRI)

En lo que respecta a la medición del IRI se debe considerar los siguientes requisitos:

1. El IRI es calculado a partir de un solo perfil a lo largo de una de las huellas de las llantas de un vehículo. El intervalo de muestreo del perfil debe ser no mayor a 300 mm para cálculos precisos. La resolución requerida depende del nivel de

rugosidad, necesitándose resoluciones más finas para pavimentos más lisos. Una resolución de 0,5 mm en la obtención del perfil es apropiada para todas las condiciones.

2. Se asume que el perfil tiene una pendiente constante entre puntos contiguos de elevación.
3. El perfil es primero suavizado mediante el uso de medias móviles cuyo largo base es de 250 mm. Esto es realizado por dos motivos: simular el comportamiento de la envolvente de los neumáticos y reducir la sensibilidad de la simulación del cuarto de carro al espaciamiento de muestreo del perfil longitudinal.
4. El perfil suavizado es filtrado utilizando la simulación del cuarto de carro, con parámetros específicos, a una velocidad de 80 km/h.
5. El movimiento de la suspensión simulada es acumulada y dividida por el largo del perfil para así obtener el valor del IRI; es de esta forma que el IRI es expresado generalmente en unidades de mm/m o m/km.

El IRI está definido como una propiedad de un solo perfil longitudinal, por lo tanto si se desea establecer un valor por pista se debería establecer criterios de cuantos perfiles tomar; generalmente se toman los perfiles en ambas huellas de las llantas de un vehículo para así derivar un valor por carril.

Los sitios de prueba utilizados en el desarrollo del concepto de IRI contaban con una longitud mínima de 320 m. El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino; sin embargo, los usuarios deben entender que el cálculo del IRI depende altamente sobre que longitud es acumulado. Es fundamental entender la relación que existe entre la variación de rugosidad a lo largo del camino y el largo del camino sobre el cual la rugosidad es promediada. De esta forma, aunque la bibliografía casi siempre habla solamente del valor del IRI de una carretera, es conocido que para ser precisos se debe añadir cada que longitud se determina dicho valor, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios o puntuales que se obtienen. Habitualmente el valor unitario más

utilizado es cada 0,25 m y el valor global de referencia puede variar dependiendo de cada país o agencia de pavimentos.

En vista de la importancia que reviste la longitud para la determinación del IRI, es necesario establecer un intervalo de longitud, ya que intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de rugosidad superficial en los pavimentos, obteniendo de una manera inadecuada valores del IRI satisfactorios. Por otra parte la utilización de intervalos de longitud menores para la determinación del IRI puede detectar niveles altos de regularidad, contribuyendo a obtener pavimentos con mejores niveles de seguridad y confort.

2.5.4. Cálculo de índices de rugosidad superficial

El perfil longitudinal de un camino es una representación en dos dimensiones de la superficie del mismo, a lo largo de una línea imaginaria. Por lo tanto, la medición del perfil es una serie de números que representan elevaciones relativas respecto a un nivel de referencia.

De esta manera, se tiene que el índice de un perfil es un valor calculado que resume las variaciones en el perfil de la superficie. Los detalles del cálculo determinan el significado y significancia del índice. El valor del índice puede estar relacionado con un modelo matemático del movimiento de un vehículo o por otros índices comúnmente utilizados.

Se dice que un índice es *portable y reproducible*, cuando este puede ser calculado a partir de un perfil verdadero y por cualquier perfilógrafo válido. Además, se habla que es *estable en el tiempo*, cuando puede ser comparado en el tiempo; puesto que el concepto de perfil verdadero tiene el mismo significado año a año y la subsecuente transformación matemática del perfil verdadero también es estable con el tiempo.

A partir de un simple perfil puede calcularse muchos índices de rugosidad. En términos generales, todos los índices de rugosidad pueden calcularse empleando transformaciones matemáticas en cuatro pasos básicos. Los detalles en cada uno definirán el índice. A continuación se describen cada uno de estos pasos:

1. *Determinación de la cantidad de perfiles iniciales.* La mayoría de los índices son calculados a partir de un perfil simple, pero algunos índices requieren de dos perfiles (generalmente uno sobre cada huella del carril).
2. *Filtrado de longitudes de onda y datos.* Algunos análisis requieren aplicar una secuencia de filtros.
3. *Acumulación y reducción del perfil filtrado.* La secuencia de cantidades filtradas deben ser reducidas a un valor o índice. Comúnmente se realiza una acumulación de los valores absolutos, o una acumulación de valores elevados al cuadrado, de todos los números. El resultado es un único valor acumulado.
4. *Escalonamiento de índice.* El paso final es convertir el valor acumulado a una escala apropiada. Esto generalmente involucra una división por la cantidad de puntos del perfil o a la longitud del perfil para normalizar la rugosidad por la longitud cubierta.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Con el objeto de unificar los diferentes parámetros que se utilizaban en diferentes países para determinar la rugosidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto *International Road Roughness Experiment (IRRE)*, promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se realizó la medición controlada de la rugosidad superficial de pavimentos para un número de vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la rugosidad superficial, el cual satisface completamente criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante, denominado **Índice de Rugosidad Internacional** (IRI, *International Roughness Index*).

Paterson, en 1986, define el IRI como: “El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por

el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS₈₀, Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS, Reference Quarter Car Simulation), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h.

El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de rugosidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático. El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI consiste en medir las cotas o elevaciones de terreno que permiten representar el perfil real del camino, a través de un sistema clasificatorio asociado a la precisión obtenida por parte del instrumento utilizado en la auscultación del camino. Estos datos son sometidos a un **primer filtro**, en el cual se realiza un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas para poder generar un nuevo perfil posible de ser analizado desde el punto de vista de las irregularidades que se puedan observar. Las razones para aplicar este primer filtro se fundamentan en las siguientes razones:

- a) Para simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera.
- b) Para reducir la sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo. Para un perfil que ha sido muestreado a un intervalo Δ , un filtrado de la rugosidad por media móvil se define como la sumatoria de:

$$h_p(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=x-n}^{x+n} h_{ps}(x) \quad \text{Ecuación 2.3.}$$

$$n = \text{int}\left[1, \frac{l_p}{\Delta}\right] \quad \text{Ecuación 2.4.}$$

Donde:

h_p =elevación del perfil h_{ps} =elevación

del perfil suavizado max =valor

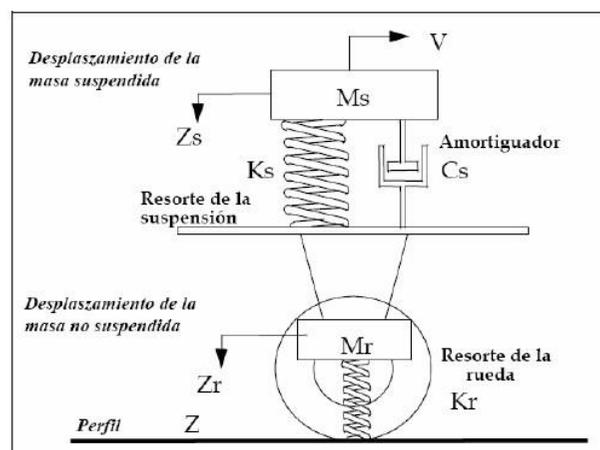
máximo de 2 argumentos

int =entero más cercano

L_B =longitud base de la media móvil, 250 mm

Al nuevo perfil generado se le aplica un **segundo** filtro, el cual consiste en la aplicación del modelo de cuarto de carro, a través de este se registran las características asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar. De esta manera, el IRI se establece a partir de conceptos asociados a la mecánica vibratoria de sistemas dinámicos; que modelan simplificadaamente un vehículo como un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera mediante resortes y amortiguadores. El movimiento sobre el perfil de la carretera produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas que nos lleva a medir los movimientos verticales no deseados atribuibles a la irregularidad del camino (ver Figura 2.15).

Fig. 2.15. Modelo de cuarto de carro



Fuente: “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI”, Ing. Gustavo Badilla Vargas, Costa Rica, 2008

El modelo de simulación consta de una masa “amortiguada o suspendida” (masa de un cuarto de carro ideal) conectada a una masa “no amortiguada” (eje y neumático), a través de un resorte y un amortiguador lineal (suspensión), y por último el neumático es representado por otro resorte lineal.

El modelo de cuarto de carro emplea los parámetros de lo que se ha denominado como el Carro de Oro, los cuales se muestran a continuación:

$$k_s = \frac{200}{0.31} = 63.3 \quad k_r = \frac{200}{0.31} = 653 \quad c_s = \frac{100}{16.6} = 6 \quad \mu = \frac{200}{1300} = 0.15$$

Donde:

k_s =constante del resorte de la suspensión

k_r = constante del resorte de la rueda

M_s =masa suspendida

M_r =masa no suspendida

c_s =amortiguador

Los movimientos sobre el perfil de la carretera están asociados a desplazamientos verticales, velocidad y aceleración de masas, quedando todo el sistema regido por la primera Ley de Newton, $F = ma$

El modelo del cuarto de carro esta descrito por 4 ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, que pueden ser escritas en forma de matriz como siguen:

$$\dot{x} = Ax + B \dot{h}_{ps} \tag{Ecuación 2.5.}$$

Donde las matrices x, A, B s definen como siguen:

$$x = [z_s, \dot{z}_s, z_r, \dot{z}_r]^T \tag{Ecuación 2.6.}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{k_s}{M_s} & -\frac{c_s}{M_s} & \frac{k_r}{M_s} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k_r}{M_r} & \frac{c_s}{M_r} & -\frac{k_r}{M_r} & -\frac{c_s}{M_r} \end{bmatrix} \tag{Ecuación 2.7.}$$

$$B = [0, 0, 0, \frac{1}{M_r}]^T \tag{Ecuación 2.8.}$$

Donde:

h_{ps} =elevación del perfil suavizado

z_s =elevación (coordenada vertical) de la masa suspendida

z_r = elevación (coordenada vertical) de la masa no suspendida

\mathbf{x} =matriz de las variables de estado (variables que en conjunto describen completamente el estado del sistema simulado).

Las derivadas respecto al tiempo se indican con un punto (por ejemplo, \dot{x}). El tiempo está relacionado con la distancia longitudinal a la velocidad simulada del vehículo:

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} \quad \text{Ecuación 2.9.}$$

Donde “x” es la distancia longitudinal y “V” es la velocidad, que para el IRI está definida como 80 km/h. Las unidades de la velocidad deben ser de longitud/segundo, y además las unidades de la longitud deben coincidir con las unidades de “x”.

Las ecuaciones dinámicas presentes en el modelo, forman un sistema de ecuaciones que utilizan como dato de entrada el perfil de la carretera (en la parte inferior del “resorte del neumático”). El movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida se calcula y acumula. El valor en m/km (metros acumulados por kilómetro viajado) es la medida final de la rugosidad del camino.

El IRI es una acumulación de la simulación del movimiento entre la masa suspendida y la no suspendida en el modelo del cuarto de carro, y normalizada a la longitud L, del perfil.

$$\text{IRI} = \int_0^L \frac{1}{L} |z| dz \quad \text{Ecuación 2.10.}$$

Nótese que la ecuación anterior es una ecuación lineal, es decir, si el IRI de una sección de 500m es 1.0 m/km, y el IRI en la sección de 500 m es de 2.0 m/km el IRI para el kilómetro completo es el promedio aritmético simple: 1.5 m/km.

Una consideración importante de la ecuación diferencial $\ddot{x} = \dot{x} + \ddot{p}$, es que se debe conocer o estimar valores iniciales. De esta manera la respuesta obtenida sobre el perfil incluye una respuesta de transición a partir de los valores iniciales hasta la respuesta inducida por el perfil. Los efectos de esta inicialización disminuyen conforme la simulación del cuarto de coche cubre una mayor distancia del perfil. A una velocidad de simulación del IRI de 80 km/h, la inicialización influye en el modelo del cuarto de coche en aproximadamente 20 m. Por lo tanto, la manera más precisa de

tratar con la inicialización es medir el perfil al menos 20 m antes de punto de inicio del tramo, e iniciar a partir de allí el cálculo del IRI.

El IRI como indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, $IRI=0$) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.

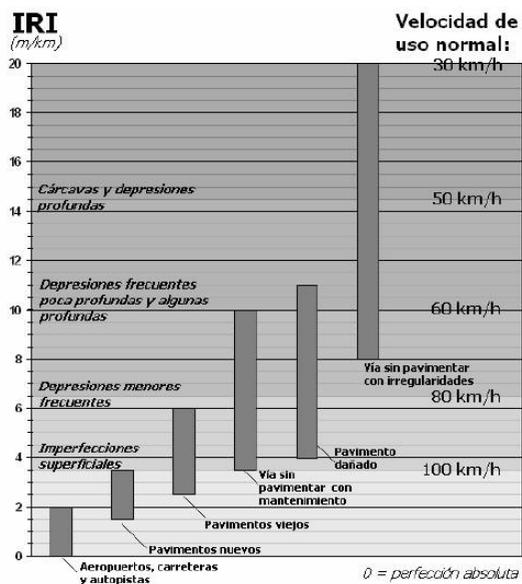
El perfil real de la carretera recién construida tiene un estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que alcanzar valores de $IRI=0$ es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo. Una vez puesta en servicio, la rugosidad del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito.

Las consideraciones más importantes sobre el IRI son:

- El IRI se determina mediante un cálculo matemático realizado con las ordenadas o cotas de una línea de perfil longitudinal cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil.
- Para el cálculo de IRI es importante considerar la representatividad de las ordenadas que se introducen, es decir, la confiabilidad de la técnica o equipo con el que se obtiene el perfil y la frecuencia del muestreo utilizado.
- La precisión de los equipos de medida de la irregularidad superficial es uno de los temas más complejos de decidir y valorar.
- El cálculo matemático del IRI relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo, dividida entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/h, y se expresa en mm/m o m/km. Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20. A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de

medición de la rugosidad superficial para diferentes tipos de vías (ver Figura 2.16).

Fig. 2.16. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías



Fuente: "Determinación de un Procedimiento de Ensayo para el Cálculo del IRI – Costa Rica – 2008"

CAPÍTULO III

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS URBANAS Y SUS LIMITACIONES EN LA DETERMINACIÓN DEL IRI

3.1. Introducción

En las últimas décadas se ha comprobado a nivel mundial, una tendencia migratoria de grandes masas de población hacia los centros urbanos, esta migración ha producido un rápido crecimiento de las ciudades y conjuntamente con este comportamiento, el número de vehículos ha crecido en una progresión geométrica.

En estas circunstancias, muchas áreas de las ciudades sufren concentración y cambios en el uso del suelo y la demanda de tránsito ha crecido sin que exista la posibilidad de que aumente proporcionalmente la infraestructura vial, debido a las altas inversiones requeridas.

Las soluciones buscan mejorar el uso del sistema vial existente, a través de mejoras geométricas en las vías urbanas, tratando de incrementar al máximo su capacidad.

El sistema vial es el principal soporte de los flujos generados por las actividades urbanas y es también el principal estructurador de las ciudades, determinando la localización de las actividades urbanas y sus limitaciones de expansión.

3.2. Definición de vías urbanas

Es toda vía que transcurre por dentro de las ciudades o pueblos y reciben el nombre de CALLES. Una calle es un espacio urbano lineal que permite la circulación de personas y, en su caso, vehículos y da acceso a los edificios que se encuentran a ambos lados. En el subsuelo de la calle se disponen las redes de las instalaciones de servicios urbanos a los edificios tales como: alcantarillado, agua potable, gas, red eléctrica y telefonía.

El espacio de la calle es de longitud indefinida, sólo interrumpida por el cruce con otras calles o, en casos singulares, por el final de la calle, en una plaza, en un parque urbano, en otra calle, etc., o por el final de la ciudad en el límite con el campo.

3.3. Función de las vías urbanas

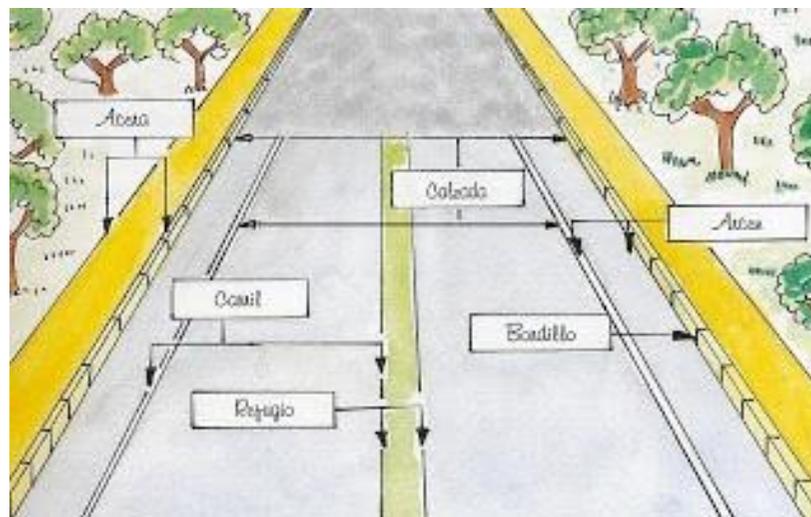
Un sistema vial urbano desempeña dos funciones principales:

- Da acceso a las propiedades colindantes
- Permite la circulación, creando los intercambios entre las diversas funciones que se desarrollan en una ciudad y facilita la movilización de sus habitantes.

La mayoría de los problemas relacionados con el incremento de los accidentes y el deterioro ambiental, provienen de conflictos entre las funciones de acceso y circulación.

3.4. Partes de una vía urbana

Fig. 3.1. Partes de una vía urbana



Fuente: Educación Vial – Internet – altorre.blogspot.com/?m=1

Plataforma.- Zona de la carretera dedicada al uso de vehículos, formada por la calzada y los arceles.

Calzada.- Parte de la carretera dedicada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

Carril.- Banda longitudinal en que puede estar subdividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, siempre que tenga una anchura suficiente para permitir la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas.

Acera.- Zona longitudinal de la carretera elevada o no, destinada al tránsito de peatones.

Bordillo.- Parte de la vía que separa la acera de la calzada, o del arcén, dependiendo de los casos.

Zona peatonal.- Parte de la vía, elevada o delimitada de otra forma, reservada a la circulación de peatones. Se incluye en esta definición la acera, el andén y el paseo.

Refugio.- Zona peatonal situada en la calzada y protegida del tránsito rodado.

Arcén.- Franja longitudinal afirmada contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos automóviles, más que en circunstancias excepcionales.

Intersección (cruce).- Nudo de la red viaria en el que todos los cruces de trayectorias posibles de los vehículos que lo utilizan se realizan a nivel.

3.5. Clasificación

Las calles que conforman el sistema viario se pueden clasificar atendiendo a la función que desempeñan las vías dentro del sistema jerarquizado de transportes. A este respecto, hay que considerar previamente el modo de transporte que determina la clasificación, aunque usualmente se toma el tráfico motorizado. Así se pueden distinguir los diferentes tipos de calles:

- Carreteras urbanas
- Vías principales o arteriales
- Vías colectoras o distribuidoras
- Vías locales

3.5.1. Carreteras urbanas

Las carreteras urbanas son aquellas calles que constituyen la infraestructura viaria con características mixtas entre las carreteras que discurren fuera de poblado y el viario principal de la ciudad. Estas vías son las que canalizan los movimientos de larga distancia y cumplen las funciones de conexión y distribución de los vehículos que acceden a la ciudad o la atraviesan.

Facilitan la movilidad para el tránsito directo, en tanto que el acceso a las propiedades adyacentes debe realizarse mediante calles laterales de servicio.

En su recorrido no se permiten el estacionamiento, la carga y descarga de mercancías, ni el tránsito de peatones.

Las vías de acceso controlado están conectadas entre sí y con las arterias. En casos especiales se pueden prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el centro de la ciudad, a través de calles de servicio.

Características del flujo

En estas vías el flujo es continuo, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino solamente mediante puentes o distribuidores a desnivel.

Tipos de vehículos

Por las vías de acceso controlado circulan principalmente vehículos ligeros, aunque se permite un buen porcentaje de vehículos pesados, cuyo volumen es tomado en cuenta para su diseño geométrico.

Para el transporte colectivo de pasajeros, ocasionalmente se permite el servicio de autobuses en carriles exclusivos, con paradas debidamente diseñadas cerca de los cruces a desnivel y con bahías de parada.

Estas vías tienen restricción total o parcial de accesos y se pueden clasificar, a su vez, en vías no convencionales y en vías convencionales.

3.5.1.1. Carreteras urbanas no convencionales

Las carreteras urbanas no convencionales son las vías primarias urbanas con circulación continua, control de accesos, uso exclusivo para el automóvil y total separación con los movimientos peatonales. Estas, a su vez, se pueden categorizar en autopistas urbanas, en autovías urbanas y en vías rápidas urbanas, como una analogía a las vías interurbanas.

Las autopistas urbanas responden a la definición de autopista convencional, donde el control de accesos es total y los nudos se resuelven mediante enlaces. Las autopistas urbanas usualmente tienen características geométricas más estrictas que las interurbanas, puesto que así se posibilita una mejor inserción en el territorio atravesado, se reducen los impactos en el medio y se prima la capacidad viaria frente a la velocidad.

Por su parte, las autovías urbanas mantienen condiciones de control de accesos y tipo de nudos similares a sus homólogas interurbanas. Las vías rápidas urbanas son las carreteras de calzada única que disponen de control de accesos. Estas vías suelen constituir la primera fase de una futura autovía o autopista.

3.5.1.2. Carreteras urbanas convencionales

En cuanto a las carreteras urbanas convencionales, son las vías urbanas de circulación interrumpida por intersecciones, control parcial o ausencia de control de accesos, uso exclusivo para vehículos automóviles y ausencia de una estricta segregación de peatones y vehículos.

3.5.2. Vías arteriales

Las vías arteriales son las vías primarias en suelo urbano que se encargan de canalizar los movimientos metropolitanos de larga distancia. Cumplen con las funciones de conexión y distribución de los vehículos dentro del entorno urbano con intersecciones controladas con semáforos, generalmente, conectan a los diferentes núcleos o zonas de una ciudad de extensa longitud y con volúmenes de tránsito considerables.

Las arterias permiten conexiones interurbanas con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías de acceso controlado y permitir una buena distribución y reparto del tránsito con las calles colectoras y locales. El estacionamiento y carga y descarga de mercancías debe ser reglamentado. Las arterias se conectan a vías de acceso controlado, a otras arterias y a calles colectoras, siendo conveniente que se encuentren conectadas a las calles locales residenciales, con un buen control de acceso (físico o por esquemas de circulación).

Características del flujo

En estas vías se deben evitar las interrupciones en el flujo de tránsito mediante el bloqueo de intersecciones con las calles locales. En las intersecciones permitidas, se deben semaforizar los cruces de vehículos y peatones. Los semáforos que estén próximos, deberán ser interconectados y sincronizados para minimizar las interferencias al tránsito de paso.

Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones, o en pasos especialmente diseñados para ellos.

Los puntos de parada del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el tránsito de paso.

En las intersecciones pueden diseñarse carriles adicionales para giros, sobre todo a la izquierda, con el fin de aumentar su capacidad.

Tipos de vehículos

Las arterias pueden ser usadas por todos los tipos de vehículos. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados y para el transporte colectivo de pasajeros, se permite el servicio con un tratamiento especial en vías o carriles exclusivos y con paradas debidamente diseñadas.

3.5.3. Vías colectoras

Las vías colectoras son las calles que tienen funciones de distribución de los tráficos urbanos desde la red arterial hasta la red local. Estas vías son intermedias, a menudo sin continuidad en itinerarios interurbanos. En ellas, los movimientos que predominan son los urbanos y determinan el diseño de la vía.

Las calles colectoras se conectan con las arterias y con las calles locales, siendo su proporción siempre mayor cuando se trata de calles locales que de arterias.

Características del flujo:

El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando se conectan con arterias; y con controles simples, con señalización horizontal y vertical, cuando intersectan con calles locales.

El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este propósito.

En general, las vías colectoras estarán dotadas de 2 carriles de circulación por sentido y se añadirán los hombrillos o espacios laterales necesarios de acceso, carga y descarga, estacionamiento y operación de transporte público, según el caso.

La capacidad de estas vías permite acomodar unos 300 vehículos por hora y por carril en las horas pico, dependiendo de las características del tránsito y la existencia o no de estacionamiento.

Tipos de vehículo:

Las vías colectoras pueden ser usadas por todo tipo de tránsito vehicular, quedando solo para las áreas comerciales e industriales un elevado porcentaje de camiones. Para el sistema de autobuses se podrán diseñar paradas especiales y/o carriles adicionales para cruces.

3.5.4. Vías locales

Por último se encuentran las vías locales que son aquellas cuya función principal es dar acceso a las propiedades colindantes y a los usos ubicados en sus márgenes. En este tipo de vías urbanas, los movimientos predominantes son los urbanos frente a los movimientos de larga distancia. Dentro de los movimientos urbanos, los movimientos de paso son minoritarios frente a los movimientos de acceso a las actividades ubicadas en las márgenes de las vías.

Las calles locales están destinadas al acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales, suministrando un servicio mayor a las propiedades colindantes que al tránsito de paso.

Las velocidades en vías locales deben ser bajas ya que el objetivo de este sistema es el proporcionar acceso a las edificaciones adyacentes, por lo que ocurren paradas frecuentes de los vehículos y gran cantidad de movimientos de viraje, así como un alto uso de la circulación peatonal.

La capacidad de las vías de este sistema no es dominante en las zonas residenciales de densidad baja o media, y será suficiente disponer el espacio necesario para la circulación en ambos sentidos y permitir el estacionamiento eventual y el acceso a las edificaciones. Sin embargo, en áreas comerciales e industriales y en áreas de vivienda de alta densidad ocurrirán volúmenes importantes y la demanda de estacionamiento será creciente. En tales casos, la vía podrá tener hasta dos canales de circulación por sentido y los espacios necesarios para las actividades adicionales.

3.6. Características de las vías urbanas

Como ya se mencionó anteriormente, el aspecto más importante que marca la diferencia entre una vía urbana y una vía interurbana es que en las vías urbanas existe la presencia del hombre, aspecto muy importante que impone el diseño de las mismas, tomando en cuenta todos los implementos que serán necesarios para brindarle al mismo los servicios precisos para las actividades que desarrolla cotidianamente.

A excepción de las vías arteriales en las vías urbanas ya no existirán los arcenes o bermas ni las cunetas, pero se implementan las aceras, estacionamientos, instalaciones de alumbrado exterior o lo que se llama alumbrado público y es así que las carreteras se convierten en calles.

Las redes de servicios telefónicos, eléctricos, etc., que en vías interurbanas son aéreas ya en las vías urbanas deben ser enterradas, debido mayormente a las incomodidades y peligros que representan.

Así mismo los servicios de drenaje que en vías interurbanas son superficiales, en vías urbanas deben ser subterráneos.

Otras características de las vías urbanas a diferencia de las interurbanas, vienen a ser las intersecciones o encuentros ya que para su diseño en calles se deben tomar en cuenta varios aspectos que derivan precisamente del ámbito urbano, de igual manera la velocidad de circulación, radios de giro, esfuerzos de frenado, el peso de los vehículos son también características que presentan las vías urbanas.

Pasaremos a explicar brevemente cada una de las características de las vías urbanas que marcan la diferencia con respecto a las carreteras, que llegarían a ser las siguientes.

3.6.1. La calle

Las distintas definiciones de los principales diccionarios y enciclopedias, ponen en relieve algunos de los rasgos que caracterizan a la calle:

- ✓ Espacio público urbano, soporte de actividades ciudadanas en un ámbito no privado.
- ✓ Dimensión longitudinal, con predominio de la organización lineal de las actividades e infraestructuras.
- ✓ Espacio entre edificaciones, con importante componente arquitectónica.

Pero estas definiciones contrastan con una realidad no tan sencilla, debido a la gran variedad de tipos de calles y la gran riqueza de actividades que encierran. Permaneciendo y transformándose a lo largo de la historia, la calle se ha convertido en receptáculo de buena parte de las relaciones humanas que se desarrollan en el ámbito urbano.

Se puede decir que la función de la calle es doble ya que por un lado, es un camino, un canal de transporte, es decir un soporte de viajes. Por otro es un espacio de estancia de juego, de trabajo, de reunión, de espectáculo, de manifestación y lucha, espacio simbólico, en resumen es un espacio de relación e interacción social. La calle por lo tanto es mucho más que una vía de tráfico.

3.6.2. Aceras

Las aceras son las zonas o partes de las vías que se encuentran dedicadas exclusivamente al uso y servicio de los peatones, las mismas se encuentran ubicadas a ambos lados de la calzada. En calles residenciales se suele colocar entre la calzada y la acera una franja de césped, con el motivo de alejar a los peatones de la calzada y así evitar los accidentes debido a que en estas zonas generalmente los conductores suelen aumentar la velocidad por no existir demasiado volumen de tráfico; el césped también es colocado por razones estéticas, existiendo para todo esto normas de los anchos mínimos y máximos adecuados que se deben emplear en el diseño. En calles comerciales no se acostumbra a usar césped ya que el volumen de peatones en estas zonas es mayor y es necesario un ancho mayor de las aceras para la comodidad de los mismos.

Para poder proyectar un ancho adecuado de las aceras es necesario tener una idea del volumen peatonal que va a circular por la misma a fin de proporcionar la capacidad apropiada.

La construcción de aceras es un imperativo en toda zona edificada. Sin embargo, muchas veces se ha discutido su justificación en ciertas zonas rurales, semirurales o en proceso de urbanización.

Actualmente en Bolivia y particularmente en Tarija existen zonas edificadas (urbanas) en las cuales prácticamente no existen aceras o las mismas son demasiado estrechas, significando esto un peligro enorme para los peatones y mucha inseguridad para los conductores que por esta razón deben reducir la velocidad lo cual disminuye la capacidad de la calzada. Por todo esto la inexistencia de las aceras en las ciudades no se debería dar nunca, por lo que es necesario solucionar este problema.

Las aceras en ocasiones se convierten en elementos muy difíciles de diseñar, debido a que en algunos lugares la necesidad de varios servicios obliga a disponer de muchos elementos superficiales tales como semáforos, postes, elementos de señalización, columnas u obstáculos de alumbrado, armarios para servicios eléctricos, elementos de mobiliario urbano, etc. Y debido a esto a veces resulta difícil el poder ordenar adecuadamente cada uno de estos elementos para la comodidad de los usuarios.

Fig. 3.2. Acera estrecha



Fig. 3.3. Obstáculos del peatón



Fuente: Internet – Aceras estrechas y con obstáculos – ecomovilidad.net/Madrid/imagen-de-la-semana-cuestion-de-prioridades/

3.6.3. Bordillos

Los bordillos son piezas de piedra u hormigón, verticales o inclinados, que se suelen colocar a ambos lados de la calzada de las vías de acuerdo a su función se pueden clasificar a los bordillos en tres tipos:

a) *Bordillos traspasables.* Son los que tienen como fin dificultar algo la salida de los vehículos de la calzada, pero pueden ser traspasados fácilmente por los mismos en casos de urgencia o necesidad. Estos tienen un talud que suele ser de 1:1 ó 2:1. Reducen el ancho efectivo de la calzada (por alejarse los vehículos de ellos) en unos 20 cm de día, pero la reducción por la noche es nula.

b) *Bordillos barrera normales.* Son los más usados en nuestras ciudades, se proyectan para evitar que los vehículos que vayan a bajas velocidades puedan subir fácilmente a las aceras y atropellar fácilmente a los peatones o invadir zonas dedicadas a césped. Tienen de 15 cm de altura en adelante, pero no deben pasar de 20 cm a fin de que no dañen a los automóviles que se estacionen contra ellos. Por lo tanto los vehículos pueden traspasarlos en casos de necesidad muy urgente, aunque dando fuertes golpes si no reducen su velocidad considerablemente. Restringen el ancho de las calzadas de 0.3 a 0.9m.

c) *Bordillos barrera altos.* Tienen más de 20 cm de altura y su misión es impedir a toda costa que los vehículos se salgan de la calzada son usados en sitios peligrosos tales como puentes, viaductos o junto a precipicios. Pueden ser de tipo escalonados, los carriles adyacentes a estos bordillos deben ser de 0.75 a 1.8 más anchos que lo normal.

3.6.4. El estacionamiento

Al final de un viaje o recorrido el conductor necesita disponer de un espacio adecuado para poder dejar su vehículo ya sea en la vía o fuera de ella, sin causar perjuicios a los demás usuarios de la misma.

El estacionamiento es una consecuencia inevitable del tránsito y por lo tanto debe ser estudiado entre sus características, sin embargo su resolución y tratamiento no es

solamente una cuestión de diseño, dependiendo directamente del planeamiento urbanístico asignado a la zona o ciudad en general.

Es evidente que en las zonas rurales y zonas alejadas de los centros de las ciudades, no hay grandes dificultades para encontrar el espacio requerido para estacionar el vehículo; pero especialmente en lugares donde se concentra la población no existen muchos espacios vacantes para este fin.

3.6.4.1. Tipos de estacionamientos

Podemos destacar simplifícadamente dos tipos de estacionamiento:

- a) Estacionamiento junto a la calzada
- b) Estacionamiento fuera de la calzada

a) Estacionamiento junto a la calzada: Es aquella modalidad de estacionamiento que tiene lugar en bandas laterales muy cercanas a la calzada, pudiendo formar parte de ella u ocupar espacios formalmente diferenciados. Este tipo de espacios de estacionamiento junto al bordillo constituyen la mayoría de los existentes en nuestras ciudades diferenciándose varios tipos de estacionamiento junto a la calzada según los distintos criterios pero que no serán motivo de estudio en el presente trabajo.

b) Estacionamiento fuera de la calzada: Dan lugar a estacionamientos ubicados en superficies más extensas donde se conforma batería de estacionamientos.

Estas superficies denominadas parqueos pueden ser construidos a un solo nivel o en distintos niveles debiendo establecerse para su diseño la capacidad de casillas, las características de los accesos de entrada y de salida y en casos que se requiera las características de las calles de circulación.

3.6.5. Iluminación

Proveer de iluminación a una vía es un medio constructivo que favorece a la circulación del tránsito por la misma, haciéndola más fácil y segura.

La tarea de ver es algo que el ser humano realiza con sus ojos, músculos nervios, energías, corazón y mente, requiriendo para esto de los elementos básicos de la luz y

visión pero también el esfuerzo corporal y la inteligencia. Condiciones favorables de visión, disminuyen la fatiga, reducen la tensión nerviosa y muscular del conductor y por consiguiente mejoran su eficiencia para conducir.

3.6.6. Velocidad en las vías urbanas

La velocidad de tráfico vehicular es la relación existente entre espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que tarda en recorrerlo.

En vías urbanas las velocidades vehiculares son mucho menores que en las carreteras, debido a varios factores que obligan a los conductores a circular con velocidades bajas como ser las intersecciones, y el peligro que representa el conducir en vías urbanas por el hecho mismo de la presencia de peatones y otros motorizados.

3.6.6.1. Velocidad de diseño y circulación

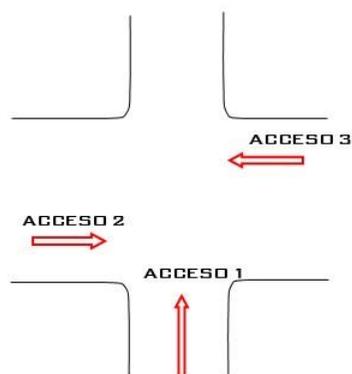
Velocidad de diseño (Velocidad específica) es la máxima que puede desarrollar un vehículo en compatibilidad con una situación de seguridad y comodidad admisibles y en condiciones favorables ambientales y de tráfico.

Velocidad de circulación (velocidad práctica) suele ser un valor medio de un grupo de vehículos en movimiento fluido y continuo y en circulación paralela.

3.6.7. Encuentros

Los encuentros constituyen una parte esencial de una red viaria urbana, ya que en ellos el usuario puede cambiar de dirección para seguir el camino que desea.

Fig. 3.4. Encuentro o intersección



Fuente: Elaboración propia

Los encuentros entre calles tienen tanta importancia en el conjunto de la calle como cada tramo de éstas. Por lo tanto su diseño específico debe merecer, una importante atención en todo proyecto de vías urbanas.

En la mayoría de los casos los encuentros no son más que discontinuidades en la vía o simples cruces sin mucha significación urbana. En otros casos, estos encuentros adquieren una importante relevancia urbanística como puntos singulares de la ciudad: las plazas.

3.6.7.1. Tipos de encuentros

Existe una gran variedad de encuentros urbanos y es difícil poder incluir a todos ellos en un solo criterio de clasificación. Es por esto que se tomará en cuenta para su clasificación principalmente dos criterios:

- a) Según la significación urbana del encuentro: es decir atendiendo a la función urbana dominante en la intersección como plazas históricas, nudos de transporte, etc.
- b) Según el carácter de prioridades de los tráficos de la intersección, es decir tomando en cuenta, tanto los puntos singulares o nudos del sistema de transportes.

3.6.7.2. Tipos de encuentros desde la perspectiva del sistema de transporte

Para la clasificación de los encuentros se tomará en cuenta el segundo criterio, es decir como nudos de transporte, sin excluir la necesidad del análisis de su función urbana:

Cruce de circulaciones al mismo nivel o intersecciones

-Según su mayor o menor complejidad, las intersecciones se clasifican en:

- Intersecciones elementales
- Intersecciones canalizadas
- Intersecciones semaforizadas

-Como tipo singular de intersecciones canalizadas y semaforizadas, se incluye:

- Rotondas

Cruce de circulaciones a distinto nivel

- Dentro de este grupo, se distinguen:

- Enlaces completos
- Pasos superiores e inferiores

3.7. Limitaciones para determinar el IRI

Como ya en anteriores capítulos se mencionó las carreteras son muy distintas en comparación con las vías urbanas tanto en su diseño geométrico como en el diseño estructural por lo tanto la evaluación del IRI será muy distinta en las vías urbanas debido a los cambios de anchos de calzada, a las mismas intersecciones, a los cambios de pendientes que se presenten, etc.

Se debe tomar en cuenta que el IRI se calculara a partir del perfil de las huellas que se marcaron en el pavimento por el tránsito de los vehículos que circulan por la vía, y que debido a varios factores ocasionaran que esta huella cambie de posición a lo que

habitualmente se realiza en la circulación afectando de otra forma a la carpeta asfáltica y provocando que la deformación se realice en otra posición de la vía, es así que establecimos limitaciones que ayudaran a realizar un mejor análisis de la evaluación del IRI en vías urbanas, las limitaciones establecidas son:

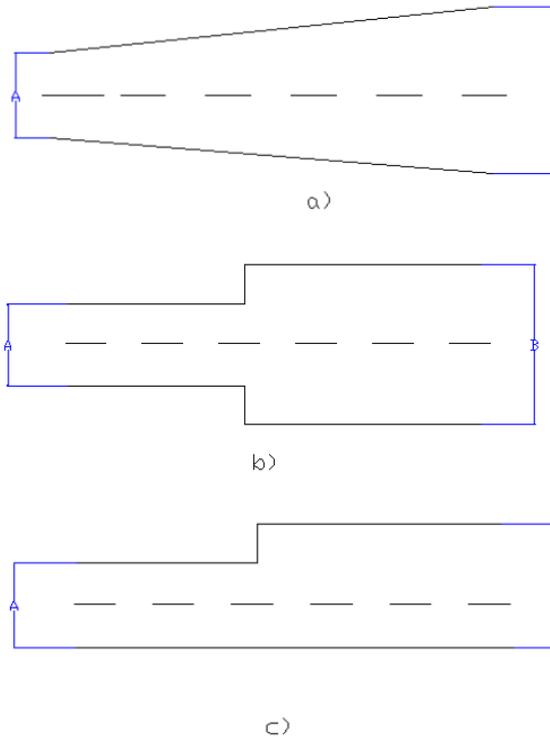
- ✓ Limitaciones por planta
- ✓ Limitaciones por perfil
- ✓ Limitaciones por causas extraordinarias.

3.7.1. Limitaciones por planta

Las limitaciones en planta son aquellas calles que sufren un cambio en el ancho de la calzada a lo largo de toda la cuadra.

Estos cambios de calzada pueden ser:

Fig. 3.5. Tipos de cambio de ancho de calzadas

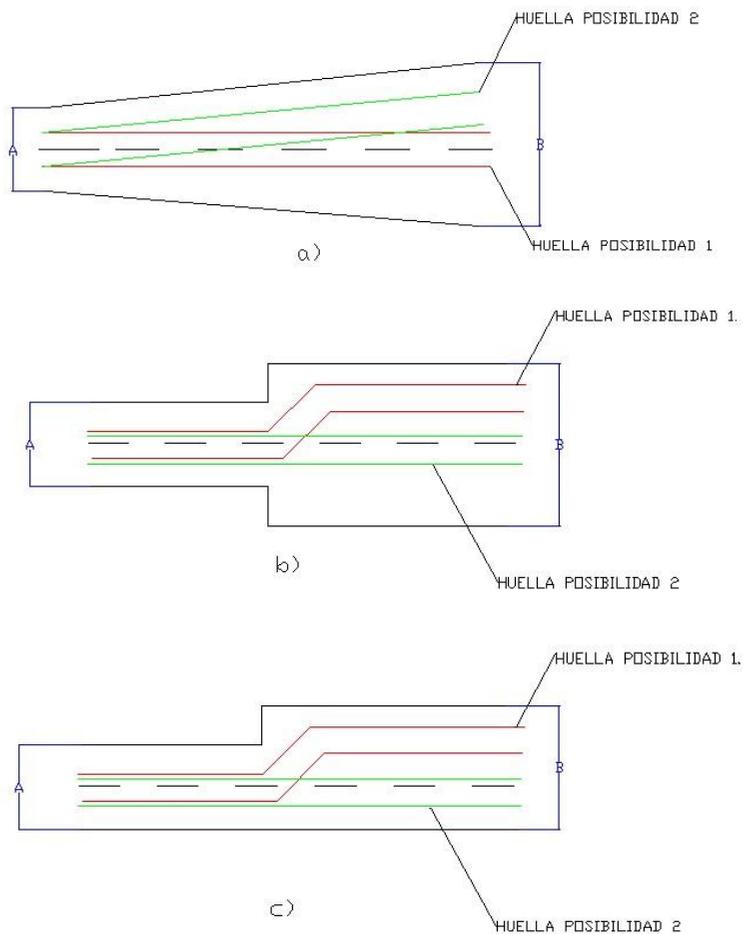


Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 3.5. a) Se trata de un ancho variable q comienza en un ancho y varia progresivamente hasta otro ancho de calzada, pero el eje se mantiene siempre por el centro de la calzada, b) en este caso la calzada inicia con un ancho de calzada definido y en cierta parte del tramo de la cuadra sufre un cambio brusco, c) En este caso el cambio brusco del ancho de la calzada es solo en uno de los lados de la calzada produciéndose así ampliar el ancho de la calzada.

Estos cambios de ancho de calzada se relacionaran con la evaluación del IRI de la siguiente forma:

Fig. 3.6. Relación de los anchos de calzada con el IRI



Fuente: Elaboración propia

Debido al ancho variable de la calzada según los tipos de anchos de calzadas mencionados anteriormente las huellas que se marcaron por el paso del tráfico vehicular pueden estar marcadas de distinta forma como se muestra en la figura 3.6. a) Como se observa las huellas pueden dirigirse por el mismo centro de la calzada pero también pueden ubicarse o dirigirse por uno de los lados de la calzada esto debido a que el ancho de la misma calzada se irá ampliando conforme el vehículo avance por la vía pudiendo dar paso al estacionamiento de vehículos en la misma vía o dando posibilidad al rebase de otro vehículo, b) En este otro caso las huellas podrán seguir la misma dirección del eje de la calzada pero también podrían sufrir una inclinación progresiva hacia uno de los carriles por lo tanto la huella seguirá otro curso ya sea por el lado izquierdo o por el lado derecho de la vía, c) en este caso también puede ocurrir que las huellas del vehículo sigan el eje de la calzada o paralela a esta pero como existe un cambio brusco se produce la posibilidad de que las huellas se inclinen progresivamente hacia el otro carril dándose así la posibilidad de estacionamientos o también la posibilidad de ceder el paso a otro vehículo en la misma vía.

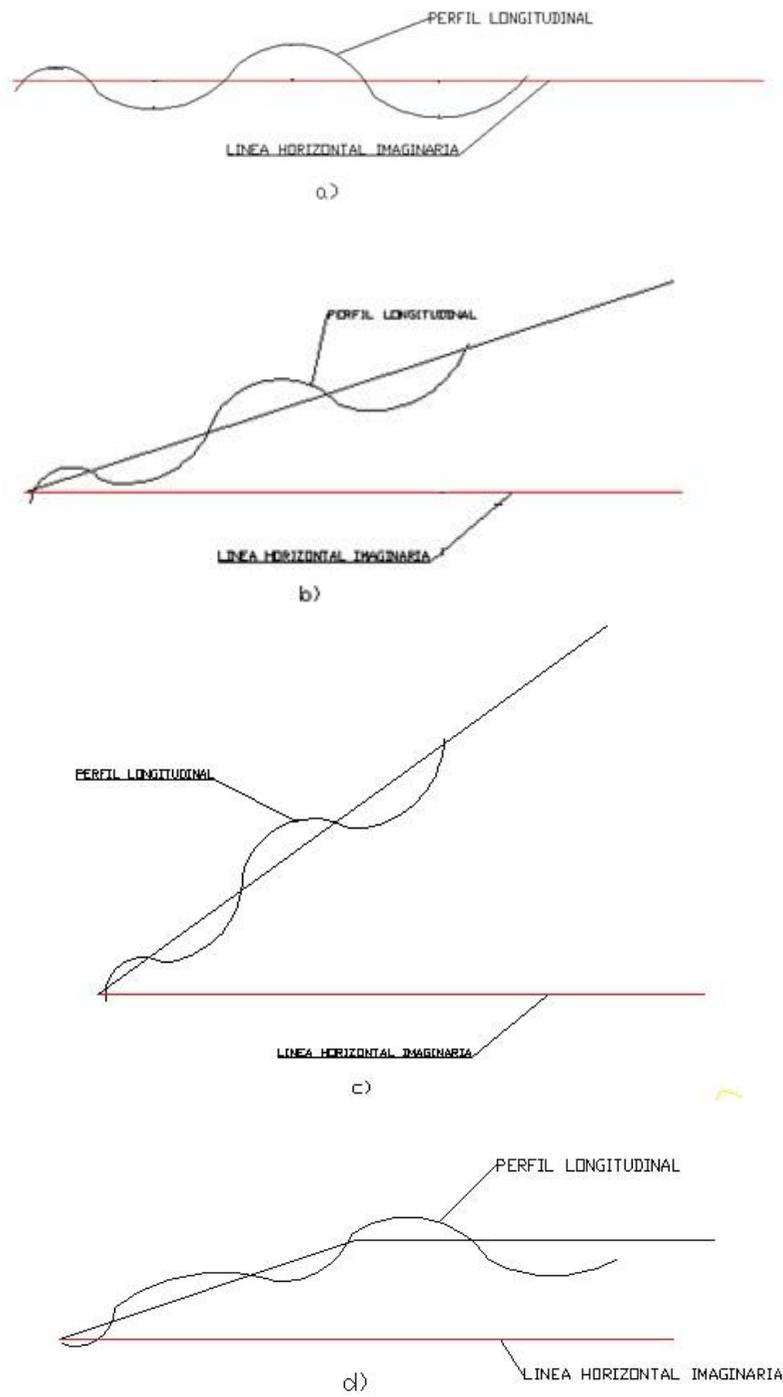
Todas estas posibilidades de cambios de dirección de las huellas hacen dificultoso la evaluación del IRI ya que la huella debería estar definida por un solo sector o líneas ya marcadas pero estas son difíciles de hallar por los cambios de dirección y así hallar el perfil longitudinal para su posterior análisis.

3.7.2. Limitaciones por perfil

Las limitaciones por perfil son aquellas que están relacionadas con las pendientes que tienen las vías en estudio.

Las pendientes que pueden tener las vías son:

Fig. 3.7. Tipos de pendientes



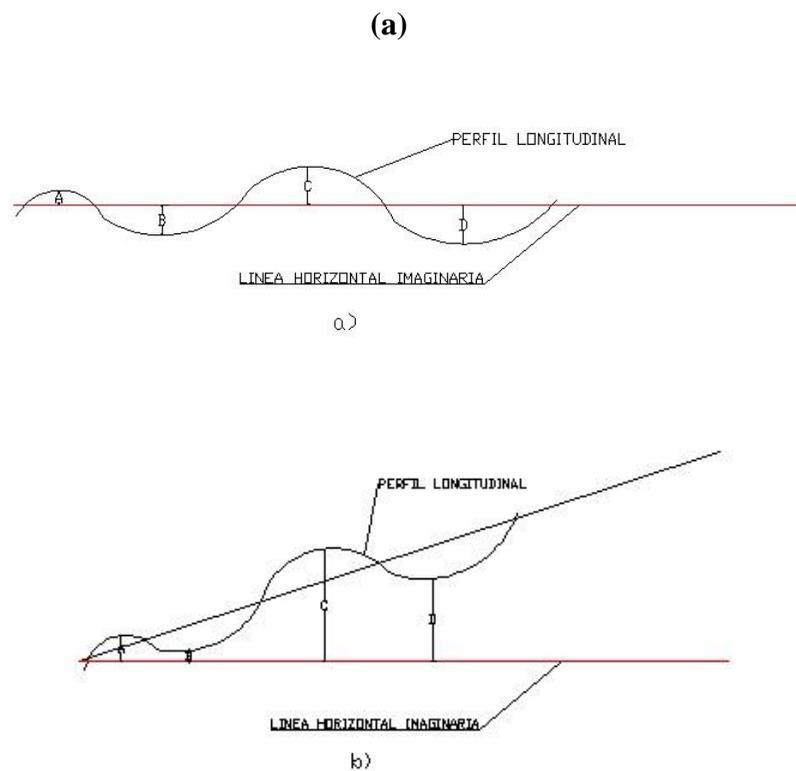
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 3.7., los tipos de pendiente que se encuentra en una vía son:

- a) Vías que tienen pendiente plana entre 0% y 2%.
- b) Vías que tienen pendiente ondulada entre 2% y 4%.
- c) Vías que tienen pendiente montañosa mayor al 4%.
- d) Cambios de pendientes bruscas en una intersección.

Estos tipos de pendientes pueden producir una variación en la evaluación del IRI debido a que el IRI es medido a partir de una línea horizontal imaginaria, es así que a partir de esta línea se empieza a medir hasta la parte donde se produce la rugosidad, como se puede observar en la figura 3.8.

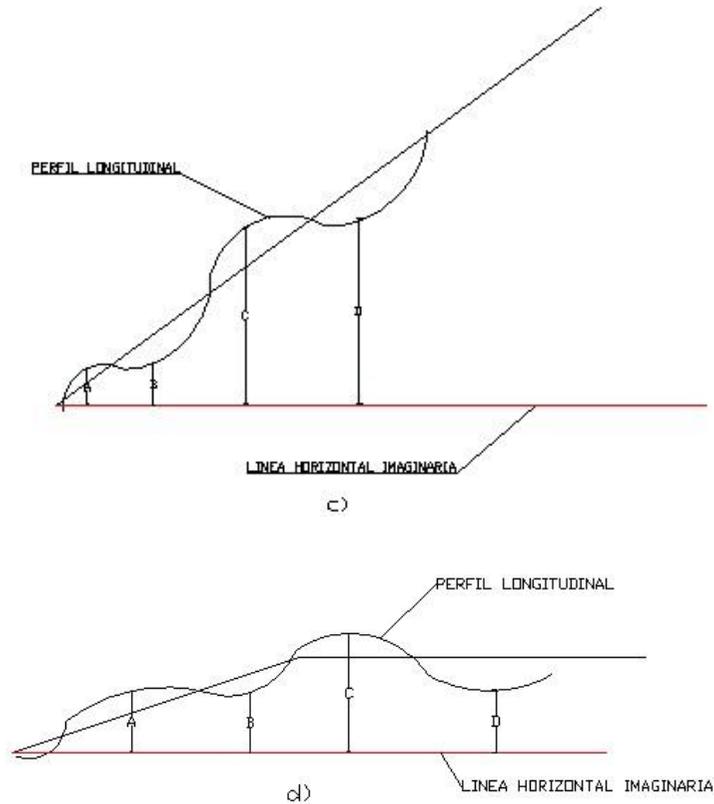
Fig. 3.8. Relación de la pendiente con el IRI



Fuente: Elaboración propia

Fig. 3.8. Relación de la pendiente con el IRI

(b)



Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.8., se puede explicar que:

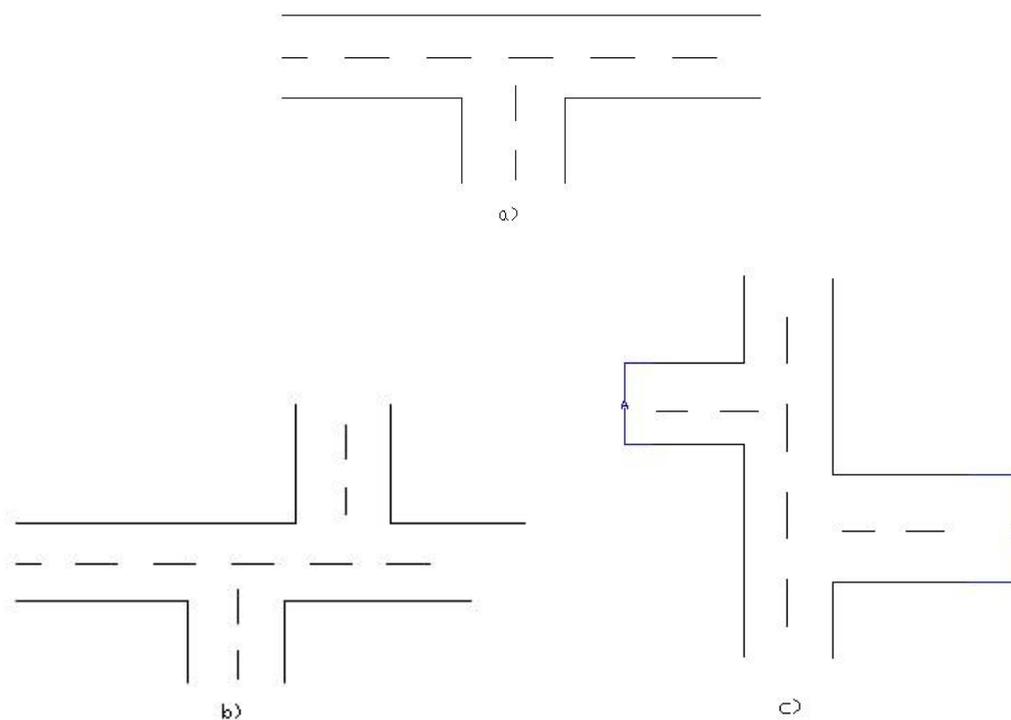
- a) A partir del perfil longitudinal se produce una línea horizontal imaginaria es de ahí que se mide hasta la parte en donde se encuentra la irregularidad en el perfil longitudinal.
- b) ; c) y d) Cuando la inclinación va aumentando se observa que llega a tener un ángulo con relación a la línea horizontal imaginaria trazada es así que la variación del IRI va aumentando ya que a medida que nos vamos alejando del punto “0” la altura entre la línea imaginaria y el punto del perfil longitudinal va aumentando.

3.7.3. Limitaciones por causas extraordinarias

Las limitaciones por causas extraordinarias son aquellas en donde las huellas del automóvil toman otro curso de lo que se prevé o sufren una inclinación o desvío, lo que más comúnmente sucede en las intersecciones en donde el eje de una cuadra no está alineada con el eje de la otra cuadra que le sigue o en todo caso no existe una cuadra que le sigue y el vehículo tiene que girar forzosamente.

Los tipos de intersecciones esviajadas son:

Fig. 3.9. Tipos de intersecciones para este caso de limitación



Fuente: Elaboración propia

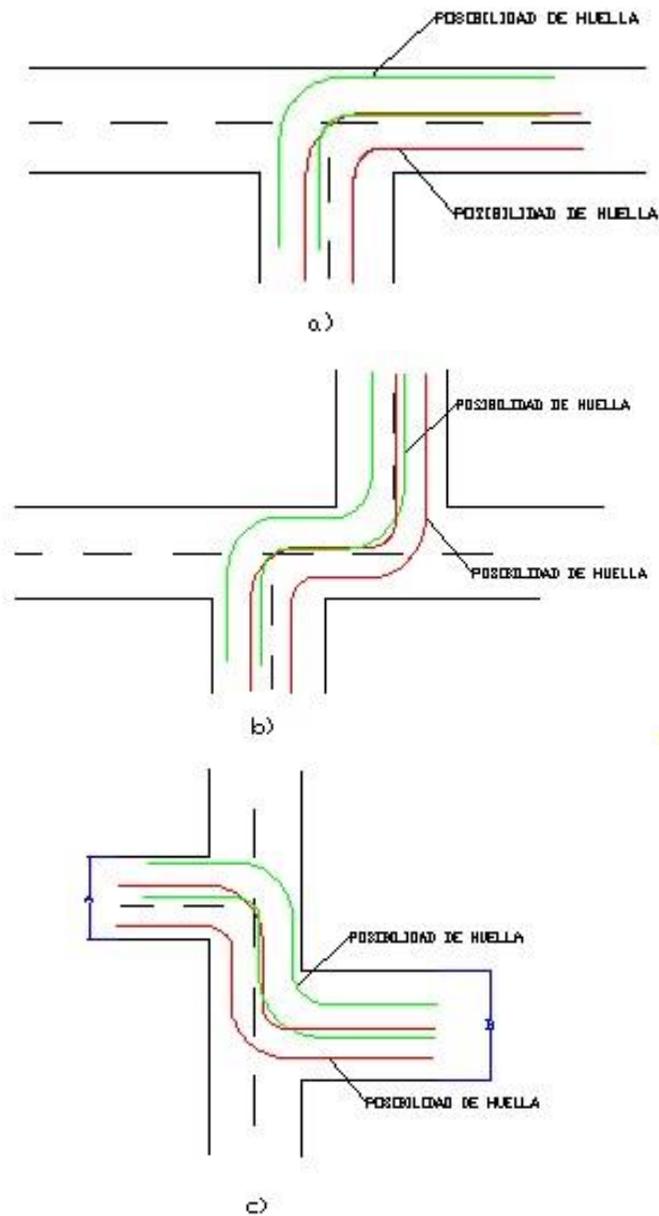
Según la figura 3.9., los tipos de intersecciones para este caso son:

- Intersecciones en T, donde el vehículo forzosamente tiene que realizar el giro.
- Intersecciones esviajadas donde las cuadras tienen casi similar ancho de calzada.

- c) Intersecciones esviadas donde las cuadras no tienen el mismo ancho de calzada.

La relación con el IRI de este tipo de limitación son las siguientes:

Fig. 3.10. Relación de las intersecciones con el IRI



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 3.10., en todos los casos el giro es inminente es así que la huellas realizarán un giro por lo tanto no todas las veces el giro se realizará por el mismo lugar, es por eso que se hace dificultosa la medición del IRI y su posterior evaluación.

3.8. Proceso metodológico de medición y método de evaluación del IRI

Para la medición del perfil longitudinal se utilizará el equipo de nivel y mira topográfica, este equipo es el más exacto y de una precisión muy alta pero su rendimiento es muy bajo, es poco práctico y de costo muy elevado para grandes proyectos.

Se ubicarán las calles de estudio según las limitaciones mencionadas anteriormente, en cada una de ellas se seguirá el siguiente proceso de medición:

- Se ubicarán las huellas que se encuentren la vía, éstas son muy visibles a simple vista ya que éstas fueron marcadas por la circulación de los vehículos.
- Se realizará la medición sobre estas huellas en tramos de 20 metros con intervalos cada 0,5 metros teniendo así 41 datos.
- Se estacionará el equipo en un lugar donde se pueda visualizar todo el tramo y todas las huellas que se encontraron en la vía. El equipo debe estar debidamente nivelado.
- Se encenderá el equipo en donde se introducirá el dato de la cota a nivel de piso en donde estará estacionado el equipo, se procederá a realizar las lecturas de los desniveles visualizando con el lente y apuntando así a la mira para luego lanzar una luz que choca en la mira y vuelve hacia el equipo en donde en la pantalla aparecerá el desnivel lecturado conjuntamente con las cotas de los puntos y la distancia horizontal desde el equipo hasta el punto lecturado.
- Este proceso se realizará con todas las calles en estudio.

En el proceso de gabinete para la evaluación del IRI, se lo llevara a cabo utilizando el software del Instituto de Vías de la Universidad del Cauca de Colombia llamado

“INPACO” y que es exclusivo cuando se obtienen los datos de perfil mediante el equipo de nivel y mira topográfica, este software calculara el IRI en 6 pasos de la siguiente manera:

- Delta X (Dx)
- Identificación del tramo
- Entrada de información
- Cálculo IRI
- Gráfica
- Imprimir información

Delta X (Dx).- En esta parte se escoge el incremento en las abscisas para los datos de nivelación obtenidos con el nivel y la mira. El programa dispone de los siguientes deltas:

- ↗ 50 mm.
- ↗ 100 mm.
- ↗ 152.4 mm. (0.5 ft).
- ↗ 166.7 mm.
- ↗ 200 mm.
- ↗ 250 mm.
- ↗ 304.8 mm. (1.0 ft).
- ↗ 333.3 mm.
- ↗ 500 mm.
- ↗ 609.6 mm. (2.0 ft).

Identificación del tramo.- Se encarga de la entrada de datos de identificación y características del tramo que son:

- ↗ Código Tramo: Se asigna un código para búsqueda rápida.
- ↗ Nombre del Tramo: se lo asigna para identificación del tramo.
- ↗ Abscisa Inicial: Punto de inicio de la medición, se asigna 0 (cero) para iniciar.
- ↗ Abscisa Final: Punto final de la medición, se coloca la distancia total del tramo.

Entrada de información.- Se introducen los datos de desnivel proporcionados por el equipo de medición.

Cálculo del IRI.- Con los datos ya introducidos el programa realizará el cálculo una vez oprimida esta pestaña, en la pantalla se observará la siguiente información que muestra el proceso de cálculo para determinar el IRI.

- ↗ Delta X: Delta escogido.
- ↗ Número total de datos a analizar.
- ↗ Número de datos analizándose.
- ↗ Z1, Z2, Z3, Z4, Y, ΣRSi : Variables requeridas por el programa.
- ↗ IRI: Valor del Índice de rugosidad Internacional calculado (m/km).

Gráfica.- Una vez terminado el cálculo y entrando a esta opción en el programa se mostrará una ventana en donde nos pedirá datos para la realización de la gráfica en dos dimensiones, como los límites en los cuales se realizará y mostrará la gráfica.

Imprimir información.- El programa no dará un listado de todos los datos digitados y el cálculo de IRI.

Con el valor de IRI se entrara a la tabla para luego realizar una clasificación del estado del pavimento.

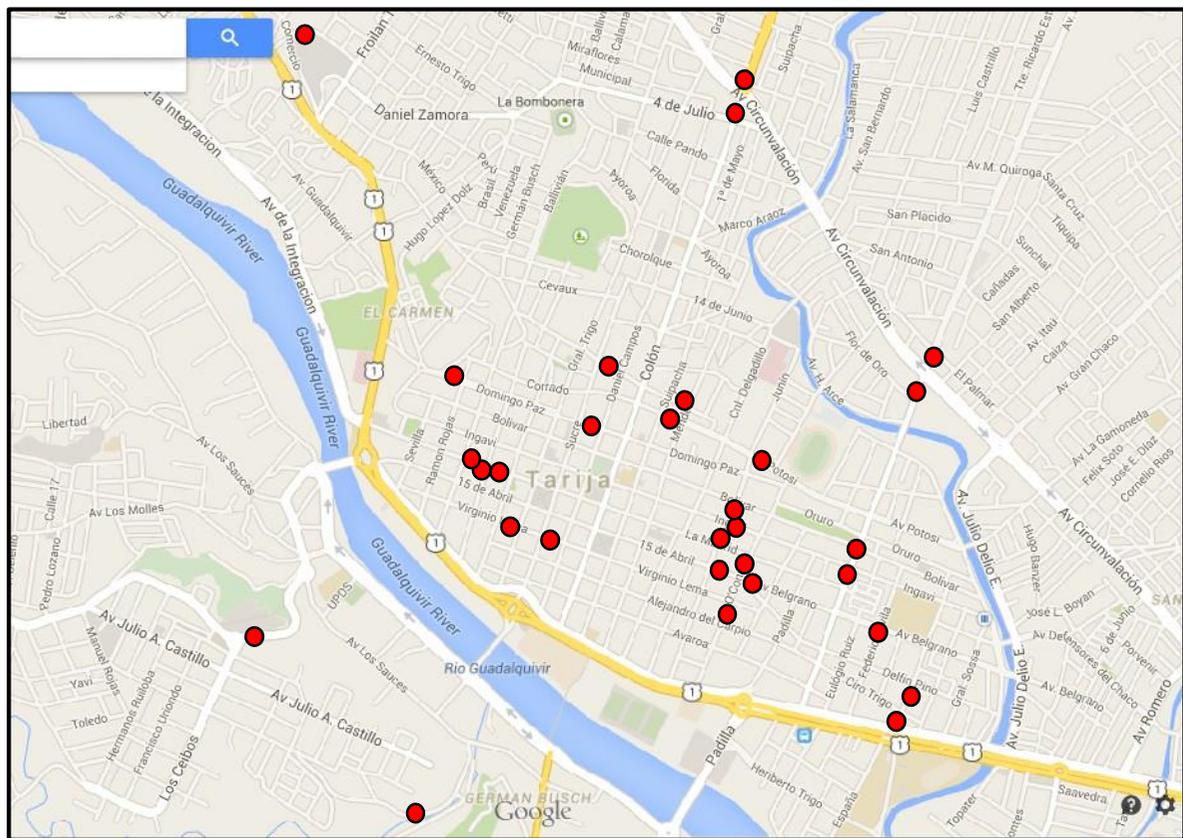
CAPÍTULO IV

4. APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprenden las calles marcadas en la figura 4.1., algunas de las calles pertenecen al área central o casco urbano y otras se encuentran alejadas de esta, por lo tanto se las englobó en una sola figura para su mejor apreciación también se puede observar los mismos puntos en una vista satelital (ver Figura 4.2.).

Fig. 4.1. Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.2. Vista satelital del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Cada una de las calles que se estudiarán son las siguientes:

1. Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino
2. Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas
3. Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid
4. Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar
5. Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín
6. Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito
7. Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema
8. Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid
9. Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar
10. Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid
11. Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junín
12. Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos
13. Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez
14. Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos
15. Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez
16. Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo
17. Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho
18. Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho
19. Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación
20. Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación
21. Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas
22. Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos
23. Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro
24. Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar
25. Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina
26. Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos
27. Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces
28. Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano
29. Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar

30. Intersección entre calle Junín y calle Ingavi

31. Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho

4.2. Características de área de estudio

Cada una de las calles que se someterán al estudio tiene características particulares y fueron elegidas por las limitaciones que afectarían a la medición del perfil longitudinal y posterior cálculo del IRI.

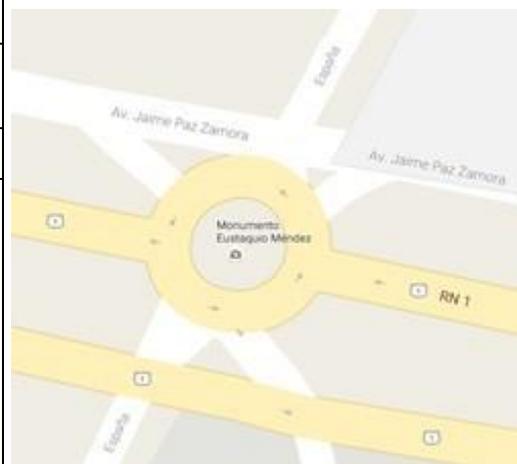
A continuación se describirán las características de una calle según las limitaciones anteriormente mencionada, las demás calles serán descritas en el anexo I.

CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIONES EN PLANTA

1.- Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino

Tabla 4.1. Calle España

Ancho de calzada	Inicio	12,85	m
	Final	13,05	m
Pendiente		1,38	%
Carpeta asfáltica	altura total	51	cm
	altura capa de rodadura	5	cm
Sentido	doble		
N° de carriles por sentido	1		
Parada de micros	no existe		
N° de huellas a medirse	4		
Observaciones:	1. En la intersección con la Calle Ciro Trigo esviada		
	2. No existe señal de no estacionar, los vehículos se estacionan a ambos lados de la calzada.		



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.3. Calle España



Fuente: Elaboración propia

CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIONES EN PERFIL

21.- Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas

Tabla 4.2. Calle Domingo Paz

Ancho de calzada	carril de subida	Inicio	6,33	m
		Final	6,33	m
	carril de bajada	Inicio	6,06	m
		Final	6,41	m
Pendiente	de subida	11,32		%
	de bajada	10,88		%
Carpeta asfáltica		altura total	38	cm
		altura capa de rodadura	5	cm
sentido		Doble		
Nº de carriles por sentido		1		
Parada de micros		lado izquierdo		
Nº de huellas a medirse		4		
Observaciones:		1. No existe una señal de no estacionar, los vehículos se estacionan a ambos lados de la calzada		
		2. La separación entre carriles es por una jardinera.		



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.4. Calle Domingo Paz



Fuente: Elaboración propia

CARACTERÍSTICAS DE LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS

28.- Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano

Tabla 4.3. Intersección Calle Belgrano entre Calle Federico Ávila

Ancho de calzada (Federico Ávila)	antes de la intersección	9,78	m
	después de la intersección	6,5	m
Ancho de calzada (Belgrano)	carril de subida antes de la intersección	6,53	m
	carril de subida después de la intersección	7,08	m
	carril de bajada antes de la intersección	6,53	m
	carril de bajada después de la intersección	7	m
Pendiente (Federico Ávila)	antes de la intersección	1,06	%
	después de la intersección	0,47	%
Pendiente (Belgrano)	de subida antes de la intersección	0,57	%
	de subida después de la intersección	0,45	%
	de bajada antes de la intersección	0,24	%
	de bajada después de la intersección	0,54	%
Carpeta asfáltica	altura total	51	cm
	altura capa de rodadura	5	cm
sentido (Federico Ávila)	simple		
sentido (Belgrano)	doble		
Nº de carriles por sentido (Federico Ávila)	1		
Nº de carriles por sentido (Belgrano)	1		
Nº de huellas a medirse (Federico Ávila)	2		
Nº de huellas a medirse (Belgrano)	4		
Observaciones:	1. La separación entre carriles en la calle Belgrano es por una jardinera.		

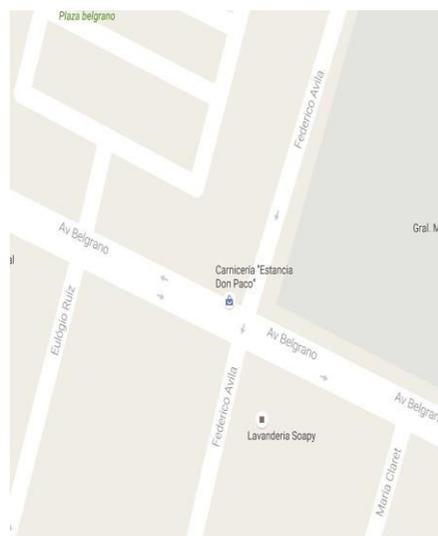


Fig. 4.5. Intersección Calle Belgrano entre Calle Federico Ávila



Fuente: Elaboración propia

4.3. Equipo utilizado en la medición de la rugosidad

4.3.1. Descripción del equipo

4.3.1.1. Mira y nivel topográfico

El SDL50 es el nivel digital exacto y más innovador, que combina la facilidad de uso con productividad mejorada y costo. La mejora impresionante se consigue mediante el uso de miras de código de barras. La operación es tan simple como apuntar a la mira, ajustar el foco, y con un solo toque medir la altura, distancia y elevación. La altura y la distancia se miden en forma simultánea en 2,5 segundos, un 20% más rápido que los niveles digitales comunes.

Fig. 4.6. Nivel topográfico



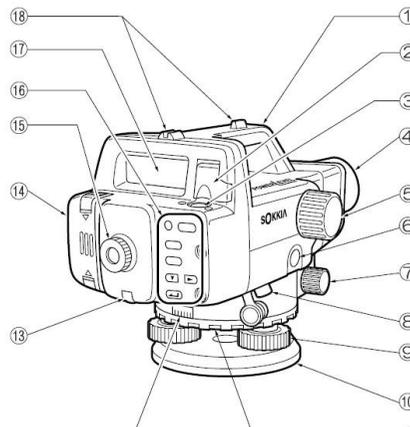
Fuente: Manual SOKKIA - Internet

Tiene una precisión excelente de 1.5 mm en una nivelación doble de 1 kilómetro, puerto de datos externo para conectar con colectores de datos o un ordenador personal y una memoria Interna capaz de registrar hasta 2,000 medidas, debido a que toma medidas automáticamente permite realizar mediciones precisas por cualquier operario, sin necesidad de experiencia.

El funcionamiento automático elimina los errores convencionales que surgen al hacer lecturas erróneas o resultados variables dependiendo del operario.

Componentes del instrumento:

Fig. 4.7. Partes del nivel topográfico



Fuente: Manual SOKKIA - Internet

1. Asa
2. Espejo de burbuja.- Utilice este espejo para observar la posición de la burbuja del nivel cuando el instrumento se encuentre en posición vertical y no pueda mirarlo desde arriba.
3. Nivel circular
4. Lente del objetivo
5. Botón de enfoque.- Utilice este botón para enfocar la mira.
6. Tecla de medición.- Comienza la medición.
7. Botones de movimiento fino horizontal (a ambos lados).- Utilice estos botones para el ajuste fino de la posición horizontal del instrumento.
8. Conector de volcado de datos.- Puede conectar un colector de datos u ordenador a este conector.
9. Tornillo del pie de nivelación
10. Base
11. Anillo de colocación del círculo horizontal.- Puede girar la escala horizontal cuando el instrumento se encuentra fijo en su posición. Utilícelo para alinear las marcas con el "0", etc.

12. Círculo horizontal.
13. Tornillo de ajuste del retículo y tapa del tornillo.- Utilice este tornillo para ajustar el retículo mecánicamente.
14. Tapa de la batería
15. Ocular.- Ajusta el enfoque del retículo para adaptarlo a su agudeza visual.
16. Teclado
17. Pantalla
18. Visor.- Utilícelo para el ajuste grueso de la orientación del instrumento.

Los accesorios que componen el equipo son:

Trípode de Aluminio.- Con doble sistema de fijación, con arnés para un mejor transporte, color aluminio natural con herrajes metálicos.

Fig. 4.8. Trípode



Fuente: Manual SOKKIA - Internet

Mira o Estadal de Aluminio Código de Barras.- Estadal de aluminio de código de barras, cuenta con 5 secciones y graduación en mm, longitud telescópica de 1.2 m hasta 5 m.

Fig. 4.9. Mira topográfica

Fuente: Manual SOKKIA - Internet

4.3.1.2. Estación total robótica

La estación total robótica es de última generación con colimación automática, control a larga distancia, seguimiento automático del prisma, rotación de alta velocidad y distanciómetro láser ultra fino de extra largo alcance.

La nueva serie GPT-9000 es más Rápida, Ligera y Pequeña con un moderno diseño sin cables el sistema robótico contiene características de tecnología exclusiva representa un paso más, disponible en 1, 3 y 5 segundos sexagesimales de precisión angular, puede seleccionar el que mejor se adapte a sus necesidades. La serie GPT-9000A con sistema robótico ofrece una medición sin prisma superior a cualquier otro de hasta 2000 metros

Es un equipo de combinación de tecnología de rápida adquisición y comunicación por Infrarrojos, así mismo es instrumento móvil completamente libre de cables tiene una pantalla táctil a color integrada con interface gráfico Windows, cuenta con bluetooth integrado y un prisma de 360° súper ligero.

El instrumento cuenta con los siguientes componentes:

Fig. 4.10. Estación total robótica



Fuente: Manual TOPCON - Internet

1. Sistema de asa RC-3 de rápida adquisición y comunicación por infrarrojos
2. Distanciómetro de amplio rango N.P. ¡2.000 metros!
3. Radio de 2.4 GHz incorporada
4. Revolucionaria tecnología de búsqueda de prisma X-TRAC. ¡1.000 metros!
5. Fácil acceso a la tarjeta de memoria
6. Tecnología Servo Motor ultra rápida
7. Interface USB: Tipo mini B y Tipo A
8. Capacidad de Comunicación por Infrarrojos
9. Soporte multi-canal
10. Pantallas iluminadas a color en Windows CE®
11. Tecnología Bluetooth wireless Integrada
12. Se suministra con una batería similar a las utilizadas en cámaras de video
13. Diseño Pequeño y redondo para incorporarlo sobre el prisma

Los accesorios que componen el equipo son:

Tecnología X-TRAC

Fig. 4.11. Prisma

- Readquisición instantánea del punto
- Tecnología Quick-Lock de tercera generación de Topcon primera a nivel mundial
- Tecnología de comunicación quick-lock e IR combinadas.

- Nuevo Controlador de Campo FC-2500

Fuente: Manual TOPCON - Internet

Fig. 4.12. Control remoto

- Tecnología inalámbrica Bluetooth integrada
- Nuevo procesador XScale de 520 Mhz
- Módulo de radio snap-in RS-1 opcional
- Pantalla a color de alto contraste

Fuente: Manual TOPCON – Internet

4.3.2. Procedimiento de medición

Para la medición del perfil longitudinal se utilizara el equipo de nivel y mira topográfica, este equipo es el más exacto y de una precisión muy alta pero su rendimiento es muy bajo, es poco práctico y de costo muy elevado para grandes proyectos.

Se ubicaran las calles de estudio según las limitaciones mencionadas anteriormente, en cada una de ellas se seguirá el siguiente proceso de medición:

- Se ubicaran las huellas que se encuentren la vía, estas son muy visibles a simple vista ya que estas fueron marcadas por la circulación de los vehículos.
- Se realizara la medición sobre estas huellas en tramos de 20 metros con intervalos cada 0,5 metros teniendo así 41 datos.

- Se estacionara el equipo en un lugar donde se pueda visualizar todo el tramo y todas las huellas que se encontraron en la vía. El equipo debe estar debidamente nivelado.
- Se encenderá el equipo en donde se introducirá el dato de la cota a nivel de piso en donde estará estacionado el equipo, se procederá a realizar las lecturas de los desniveles visualizando con el lente y apuntando así a la mira para luego lanzar una luz que choca en la mira y vuelve hacia el equipo en donde en la pantalla aparecerá el desnivel lecturado conjuntamente con las cotas de los puntos y la distancia horizontal desde el equipo hasta el punto lecturado.
- Este proceso se realizara con todas las calles en estudio.

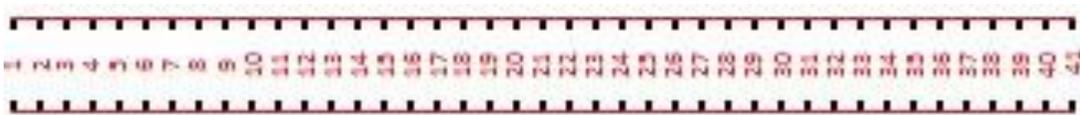
Se seguirá el mismo procedimiento con la estación total sólo que en vez de la utilización de miras se hará la utilización del equipo con el modo de lecturación sin prisma.

4.4. Metodología de mediciones

4.4.1. Segmentos de medición

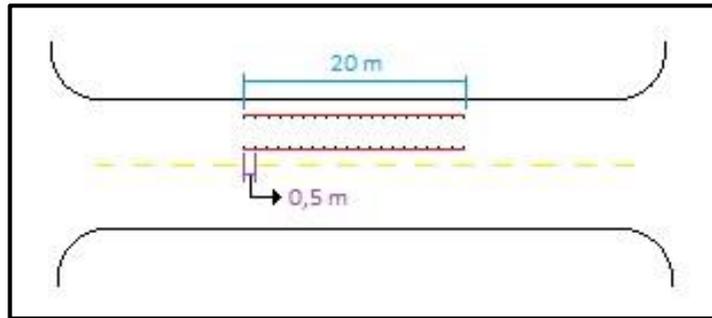
La medición se la hará en un tramo de 20 metros con segmentos de 0,5 m con lo cual se tendrá 41 datos para su lecturación, este tramo se lo marcara con los segmentos en la parte central del carril por donde se localizan las huellas que deja el tráfico en su circulación, la cantidad de tramos que se tomaran para el estudio será de acuerdo a la cantidad de carriles de circulación con la que cuente la calle, tomando en cuenta que serán 2 huellas por carril de circulación, para la mejor apreciación de estos segmentos se puede observar de la figura 4.13., figura 4.14 y figura 4.15.

Fig. 4.13. Segmentos de medición



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.14. Ubicación de los segmentos de medición en la calle de estudio



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.15. Fotografías de los segmentos de medición en las calles de estudio



Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Proceso de medición

Ya ubicados los tramos y segmentos de medición se realizara la medición propiamente dicha mediante el estacionamiento del equipo (nivel o estación robótica) en un sitio donde sean visibles todos los segmentos.

Primeramente al instalar el equipo se tiene que realizar la nivelación de este, en caso contrario se harán lecturas que tendrán un gran rango error, luego se pasara a la lecturación que consiste en:

En el caso del nivel topográfico, este equipo trabaja acompañado de una mira que tiene graduaciones para realizar las lecturas, la finalidad de este equipo es medir desniveles entre un punto conocido y uno desconocido.

Una vez instalado y nivelado se procede a la lecturación que simplemente es posicionar la mira en uno de los segmentos y ubicarlo con el lente para la lectura del dato (ver figura 4.16.).

Fig. 4.16. Lectura de datos con nivel topografico



Fuente: Fotos tomadas en campo

4.4.3. Proceso de gabinete

En la siguiente tabla 4.4., se muestra los datos obtenidos en una de las calles de estudio con la mira y el nivel topográfico, las demás tablas se pueden observar en los Anexos II, así mismo en la tabla 4.5., se muestran los datos obtenidos con la estación total, las demás tablas se pueden observar en los Anexos III. Se hace notar que esta calle pertenece a la Calle Belgrano entre Calle O'connor y calle Ejército.

Tabla 4.4. Planillas obtenidas con la mira y nivel topográfico

(a)

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O'CONNOR Y CALLE EJERCITO

HUELLA 1			HUELLA 2		
Nº	Rh	Hd	Nº	Rh	Hd
1.	1,4575	13,34	1.	1,5329	12,82
2.	1,4580	12,85	2.	1,5359	12,34
3.	1,4568	12,32	3.	1,5331	11,91
4.	1,4568	11,86	4.	1,5251	11,42
5.	1,4606	11,37	5.	1,5255	10,89
6.	1,4608	10,94	6.	1,5228	10,40
7.	1,4527	10,46	7.	1,5209	9,88
8.	1,4498	10,03	8.	1,5186	9,44
9.	1,4531	9,62	9.	1,5158	8,93
10.	1,4543	9,17	10.	1,5157	8,39
11.	1,4560	8,73	11.	1,5142	7,97
12.	1,4601	8,31	12.	1,5091	7,48
13.	1,4636	7,96	13.	1,5068	6,95
14.	1,4681	7,46	14.	1,5041	6,51
15.	1,4727	7,07	15.	1,5032	6,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4. Planillas obtenidas con la mira y nivel topográfico

(b)

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJERCITO

HUELLA 1			HUELLA 2		
Nº	Rh	Hd	Nº	Rh	Hd
16.	1,4768	6,64	16.	1,5015	5,54
17.	1,4793	6,35	17.	1,4998	5,05
18.	1,4821	5,97	18.	1,4957	4,58
19.	1,4838	5,63	19.	1,4916	4,13
20.	1,4826	5,41	20.	1,4890	3,71
21.	1,4833	5,15	21.	1,4872	3,27
22.	1,4847	4,83	22.	1,4873	2,90
23.	1,4872	4,59	23.	1,4881	2,54
24.	1,4880	4,44	24.	1,4877	2,22
25.	1,4882	4,30	25.	1,4884	2,04
26.	1,4887	4,25	26.	1,4889	1,85
27.	1,4891	4,30	27.	1,4909	1,89
28.	1,4904	4,38	28.	1,4936	1,96
29.	1,4961	4,58	29.	1,4946	2,21
30.	1,4982	4,64	30.	1,4962	2,48
31.	1,4992	4,79	31.	1,4975	2,91
32.	1,4994	5,11	32.	1,5022	3,31
33.	1,5015	5,41	33.	1,5029	3,76
34.	1,5035	5,75	34.	1,5053	4,19
35.	1,5055	6,08	35.	1,5076	4,63
36.	1,5081	6,46	36.	1,5117	5,06
37.	1,5119	6,87	37.	1,5166	5,56
38.	1,5120	7,24	38.	1,5248	6,07
39.	1,5186	7,71	39.	1,5336	6,52
40.	1,5188	8,10	40.	1,5375	7,03
41.	1,5204	8,59	41.	1,5420	7,48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5. Planillas obtenidas con la estación total

(a)

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJERCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACION			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACION			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
1	7617456,6463	321164,4644	1880,0571	1	7617455,1619	321164,5223	1880,0642
2	7617456,8116	321164,0046	1880,0623	2	7617455,2734	321164,0230	1880,0694
3	7617457,0337	321163,5507	1880,0661	3	7617455,3148	321163,5593	1880,0752
4	7617457,2193	321163,0895	1880,0702	4	7617455,5220	321163,1292	1880,0777
5	7617457,3939	321162,6457	1880,0717	5	7617455,6262	321162,6877	1880,0808
6	7617457,6056	321162,2157	1880,0731	6	7617455,7766	321162,2252	1880,0831
7	7617457,7238	321161,7772	1880,0738	7	7617456,0353	321161,7996	1880,0855
8	7617457,8583	321161,3003	1880,0732	8	7617456,1013	321161,2578	1880,0883
9	7617458,0753	321160,8783	1880,0737	9	7617456,3736	321160,8729	1880,0880
10	7617458,2236	321160,4140	1880,0758	10	7617456,5027	321160,3910	1880,0888
11	7617458,3691	321159,9343	1880,0721	11	7617456,6956	321159,9522	1880,0901
12	7617458,4314	321159,4064	1880,0707	12	7617456,8504	321159,4912	1880,0924
13	7617458,6100	321158,9557	1880,0699	13	7617457,1133	321159,0656	1880,0915
14	7617458,8375	321158,5112	1880,0675	14	7617457,3477	321158,6645	1880,0862
15	7617459,0224	321158,0486	1880,0684	15	7617457,4956	321158,2214	1880,0912
16	7617459,2063	321157,6035	1880,0663	16	7617457,5110	321158,2276	1880,0905
17	7617459,2794	321157,1296	1880,0663	17	7617457,6347	321157,7875	1880,0897

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5. Planillas obtenidas con la estación total

(b)

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O'CONNOR Y CALLE EJERCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACION			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
				PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000				
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
18	7617459,4322	321156,6583	1880,0686	18	7617457,8757	321157,3391	1880,0872
19	7617459,7190	321156,2342	1880,0697	19	7617458,0478	321156,8646	1880,0876
20	7617459,8988	321155,7998	1880,0706	20	7617458,2525	321156,4347	1880,0889
21	7617460,0508	321155,3394	1880,0710	21	7617458,4304	321155,9564	1880,0942
22	7617460,2211	321154,8795	1880,0727	22	7617458,6328	321155,5120	1880,0973
23	7617460,3320	321154,3923	1880,0749	23	7617458,8586	321155,0711	1880,0980
24	7617460,5118	321153,9015	1880,0778	24	7617459,0136	321154,6180	1880,1015
25	7617460,6848	321153,4479	1880,0799	25	7617459,2075	321154,1444	1880,1031
26	7617460,8743	321152,9929	1880,0839	26	7617459,4036	321153,6753	1880,1047
27	7617461,0227	321152,5094	1880,0840	27	7617459,6030	321153,1624	1880,1003
28	7617461,2266	321152,0541	1880,0863	28	7617459,7734	321152,7304	1880,1014
29	7617461,3699	321151,5846	1880,0852	29	7617459,9655	321152,2357	1880,0972
30	7617461,5634	321151,1478	1880,0875	30	7617460,1627	321151,7640	1880,1016
31	7617461,6528	321150,6739	1880,0910	31	7617460,3294	321151,3119	1880,1020
32	7617461,8322	321150,2243	1880,0934	32	7617460,5193	321150,8431	1880,1050
33	7617462,0224	321149,7673	1880,0966	33	7617460,7122	321150,3559	1880,1048
34	7617462,2483	321149,3359	1880,0986	34	7617460,9086	321149,8829	1880,1104

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5. Planillas obtenidas con la estación total

(c)

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJERCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACION			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACION			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
35	7617462,3515	321148,8389	1880,0993	35	7617461,1145	321149,3464	1880,1105
36	7617462,5569	321148,4055	1880,0996	36	7617461,2979	321148,8950	1880,1100
37	7617462,7627	321147,9586	1880,1015	37	7617461,4604	321148,4706	1880,1128
38	7617462,9305	321147,5201	1880,1054	38	7617461,6503	321147,9997	1880,1157
39	7617463,0320	321147,0690	1880,1078	39	7617461,8431	321147,5194	1880,1200
40	7617463,2710	321146,6217	1880,1111	40	7617462,0092	321147,0917	1880,1228
41	7617463,4305	321146,1431	1880,1150	41	7617462,2133	321146,5680	1880,1282

Fuente: Elaboración propia

Con todos los datos ya obtenidos de la medición se procede al trabajo de gabinete en donde los datos eran introducidos al programa INPACO (ver portada del programa figura 4.17,) para la obtención del IRI.

Fig. 4.17. Portada del programa IMPACO

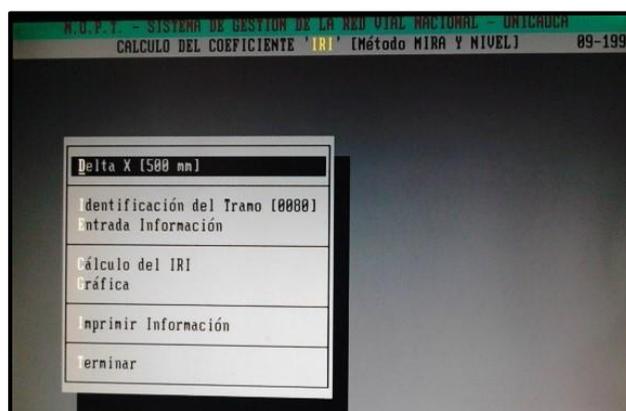


Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento es el siguiente:

1. Se ingresa al programa en donde encontrarán los siguientes puntos (ver figura 4.18.).

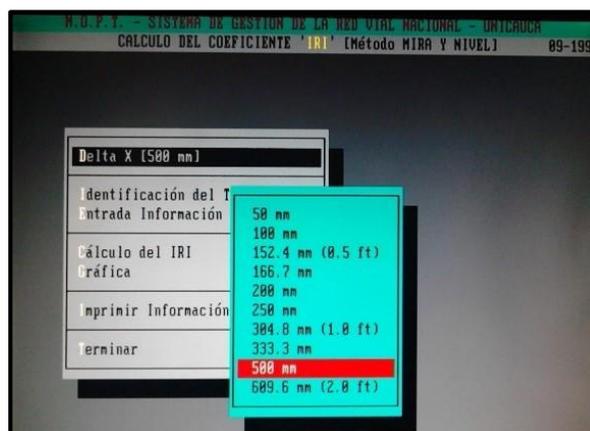
Fig. 4.18. Ingreso al programa



Fuente: Elaboración propia

- Se ingresa a delta (X) donde se escogerá los 500 mm que es la longitud de cada segmento (ver figura 4.19.).

Fig. 4.19. Delta (X)



Fuente: Elaboración propia

- Seguidamente se entrará a la parte que dice identificación del tramo, en donde se colocará el código del tramo, el nombre del tramo y la longitud del tramo (ver figura 4.20.)

Fig. 4.20. Identificación del tramo



Fuente: Elaboración propia

4. Luego se introducirán los datos leídos ya sea con nivel o estación total en la parte donde dice entrada de información (ver figura 4.21.)

Fig. 4.21. Entrada de información

Cns	Abscisa	Cota (m)
1	8.00	1.3891
2	8.50	1.397
3	1.00	1.400
4	1.50	1.400
5	2.00	1.416
6	2.50	1.427
7	3.00	1.432
8	3.50	1.439
9	4.00	1.449
10	4.50	1.459
11	5.00	1.466
12	5.50	1.473
13	6.00	1.481
14	6.50	1.491
15	7.00	1.501

Fuente: Elaboración propia

5. Seguidamente se presiona la parte donde dice cálculo del IRI (ver figura 4.22.), es ahí donde el programa realiza el cálculo dando así el valor calculado.

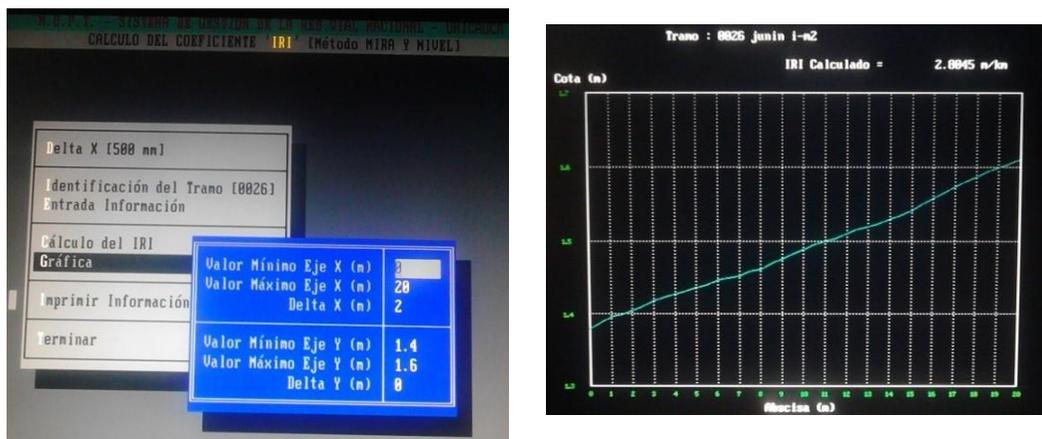
Fig. 4.22. Cálculo del IRI

Delta X (mm)	588.88
Número Total de Datos	41
Número de Datos Analizados	41
% de Análisis	100.0
21	13.81
22	-42.92
23	8.87
24	-12.33
y	8.88
Σ RSi	228.298
IRI Calculado (m/km)	5.7872

Fuente: Elaboración propia

6. Por último se entra a la parte donde el programa saca una gráfica del perfil longitudinal, en donde le damos los rangos de la gráfica y nos genera el perfil como muestra la figura 4.23.

Fig. 4.23. Gráfica del perfil longitudinal generado por el programa INPACO



Fuente: Elaboración propia

Después de la recolección de datos en campo y la introducción de éstos al programa INPACO como proceso de gabinete, llegamos a los resultados que se muestran en la tabla 4.6 y tabla 4.7 que corresponden a los datos del nivel y la estación total respectivamente.

Tabla 4.6. Resultados generados por el programa INPACO

(Mira y nivel)

(a)

VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,6344	3,2274	4,1419	3,2165
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,0193	3,2086	3,5316	3,4823
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,3644	3,7147	2,0928	3,3704
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,7359	3,78	4,4982	4,7852
5	Calle 15 de Abril entre calle O'Connor y calle Junín	1,4995	3,3397		
6	Calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejercito	4,4902	3,3736		
7	Calle O'Connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	1,6513	2,1648		
8	Calle O'Connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,6662	2,9357		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,5344	4,9993		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,442	2,8045		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,3308	2,5316		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,4861	1,2949		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,684	4,395		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,4595	3,6366	3,289	4,2396
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,0152	2,838		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,3877	5,3894		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	1,6333	3,448		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	1,9212	2,0067		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6. Resultados generados por el programa INPACO
(Mira y nivel)
(b)

VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,4231	2,6258		
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	2,9743	4,7092		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,649	2,9133		
19	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,493	2,174		
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,4603	7,9743		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,9475	6,2643		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,0252	5,8097	5,8171	5,3147
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,6269	10,6089	15,1294	11,1703
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,1782	11,2735	11,5888	11,9044
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	10,916	8,0874		
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,101	5,7302		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,7756	3,3713		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6. Resultados generados por el programa INPACO

(Mira y nivel)

(c)

VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,8927	3,2592	2,6731	4,3672
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,4769	3,1475		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	5,1562	3,5229		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,6569	4,9791	3,144	3,3867
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,5959	5,3813		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,7554	5,8641		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,4258	3,4529		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,5112	4,7805		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7. Resultados generados por el programa INPACO

(Estación total)

(a)

VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,85	3,34	4,08	3,19
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,22	3,23	3,48	3,45
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,29	3,75	2,17	3,45
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,61	3,65	4,29	4,73
5	Calle 15 de Abril entre calle O'Connor y calle Junín	2,02	3,01		
6	Calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejercito	4,25	3,14		
7	Calle O'Connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	2,07	3,29		
8	Calle O'Connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,50	2,86		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,54	5,02		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,33	3,01		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,42	2,72		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,28	1,47		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,95	4,71		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,29	3,21	2,98	4,17
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,12	3,17		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,88	5,74		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	2,10	4,06		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	2,28	2,39		

Tabla 4.7. Resultados generados por el programa INPACO

(Estación total)

(b)

VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,62	2,96		
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	3,16	5,01		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,30	3,05		
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,96	2,51		
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,23	8,16		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,38	6,04		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,26	6,18	5,43	5,66
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,99	10,11	15,16	11,48
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,48	11,45	11,88	12,22
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	11,09	8,84		
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,79	5,94		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,54	3,12		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7. Resultados generados por el programa INPACO

(Estación total)

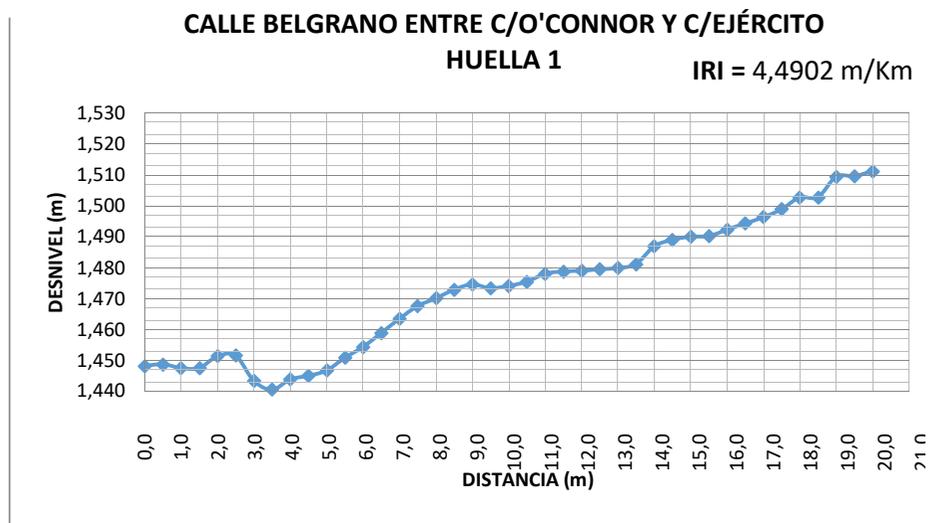
(c)

VALORES DEL IRI (m/km)					
N°	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossío y Av. Los Sauces	2,49	3,97	2,29	4,21
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,21	5,87		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,60	2,23		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	4,12	3,23		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,49	4,41	2,96	3,77
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,76	5,01		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,70	5,44		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,03	3,05		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,81	4,91		

Fuente: Elaboración propia

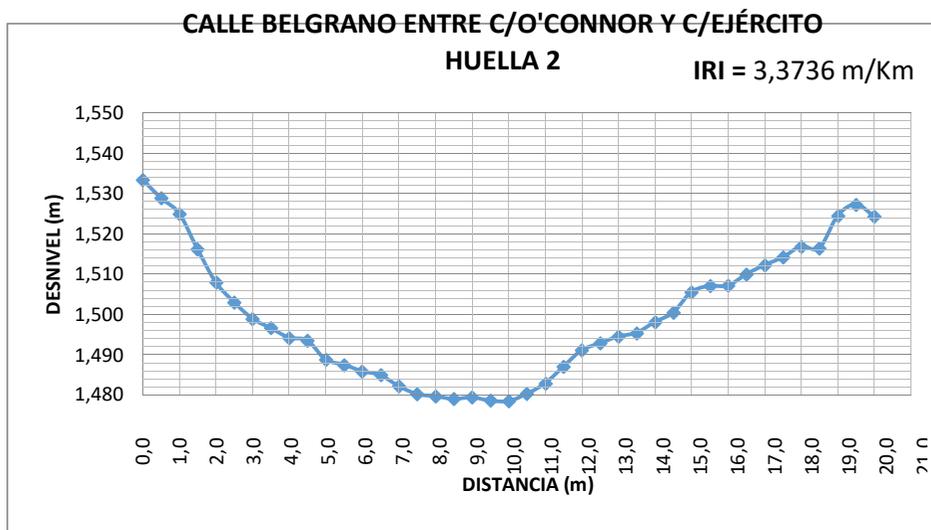
Ya obtenidos los valores del IRI procedemos a realizar la gráfica de cada una de las huellas tanto de datos con mira y nivel como de la estación total, como se muestra en las siguientes figuras:

Fig. 4.24. Gráfica del perfil longitudinal de la huella 1 de la calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejército (mira y nivel)



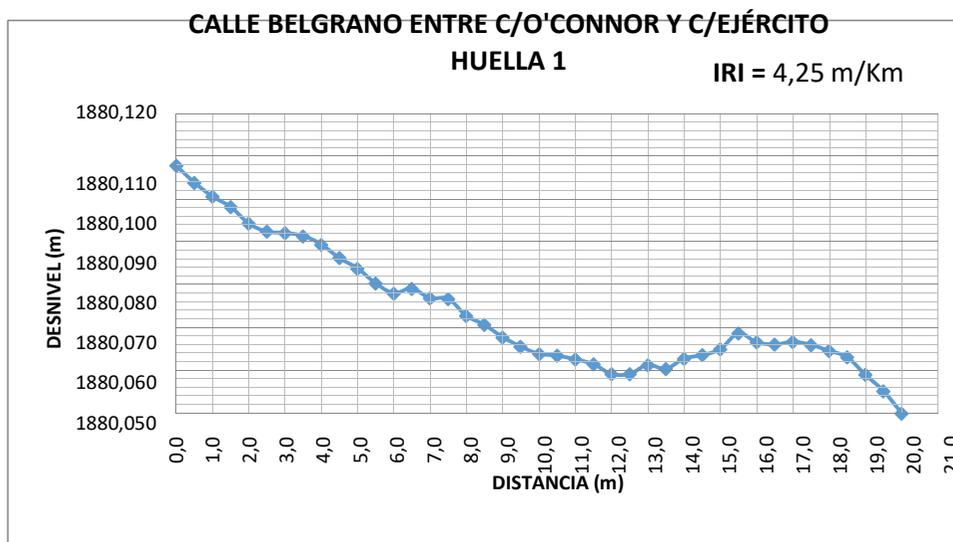
Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.25. Gráfica del perfil longitudinal de la huella 2 de la calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejército (mira y nivel)



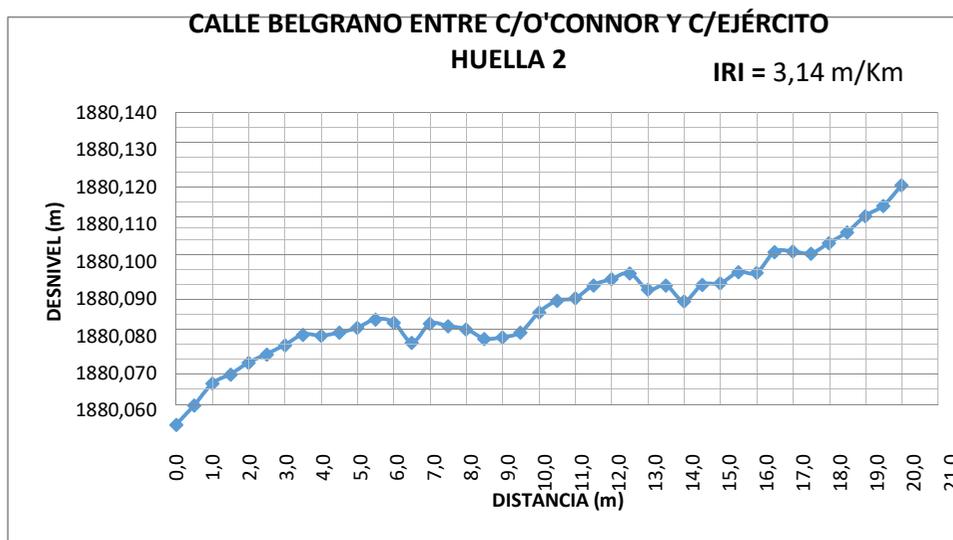
Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.26. Gráfica del perfil longitudinal de la huella 1 de la calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejército (estación total)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.27. Gráfica del perfil longitudinal de la huella 2 de la calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejército (estación total)



Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Estadística de resultados

Primeramente podríamos mencionar el hecho de que los valores obtenidos con la mira y el nivel y comparados con los de la estación total son realmente validos ya que estas son parecidas entre sí con una leve diferencia debido a la utilización y precisión de los aparatos, es así que estos datos son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4.8. Comparación de resultados entre mira y nivel topográfico y la estación total (limitaciones en planta)

(a)

VALORES DEL IRI (m/km)			
LIMITACIONES EN PLANTA			
Nº	CALLES	MIRA Y NIVEL	ESTACIÓN TOTAL
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,63	3,85
		3,23	3,34
		4,14	4,08
		3,22	3,19
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,02	3,22
		3,21	3,23
		3,53	3,48
		3,48	3,45
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,36	2,29
		3,71	3,75
		2,09	2,17
		3,37	3,45
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,74	3,61
		3,78	3,65
		4,50	4,29
		4,79	4,73
5	Calle 15 de Abril entre calle O'Connor y calle Junín	1,50	2,02
		3,34	3,01
6	Calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejercito	4,49	4,25
		3,37	3,14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8. Comparación de resultados entre mira y nivel topográfico y la estación total (limitaciones en planta)

(b)

LIMITACIONES EN PLANTA			
Nº	CALLES	MIRA Y NIVEL	ESTACIÓN TOTAL
7	Calle O'Connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	1,65	2,07
		2,16	3,29
8	Calle O'Connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,67	2,50
		2,94	2,86
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,53	4,54
		5,00	5,02
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,44	2,33
		2,80	3,01
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,33	2,42
		2,53	2,72
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,49	2,28
		1,29	1,47
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,68	4,95
		4,40	4,71
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,46	4,29
		3,64	3,21
		3,29	2,98
		4,24	4,17
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,02	4,12
		2,84	3,17
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,39	4,88
		5,39	5,74
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	1,63	2,10
		3,45	4,06
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	1,92	2,28
		2,01	2,39
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,42	1,62
		2,63	2,96
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	2,97	3,16
		4,71	5,01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9. Comparación de resultados entre mira y nivel topográfico y la estación total (limitaciones en perfil)

VALORES DEL IRI (m/km)			
LIMITACIONES EN PERFIL			
N°	CALLES	MIRA Y NIVEL	ESTACIÓN TOTAL
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,65	2,30
		2,91	3,05
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,49	2,96
		2,17	2,51
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,46	7,23
		7,97	8,16
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,95	7,38
		6,26	6,04
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,03	6,26
		5,81	6,18
		5,82	5,43
		5,31	5,66
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,63	11,99
		10,61	10,11
		15,13	15,16
		11,17	11,48
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,18	10,48
		11,27	11,45
		11,59	11,88
		11,90	12,22
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	10,92	11,09
		8,09	8,84
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,10	6,79
		5,73	5,94
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,78	3,54
		3,37	3,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10. Comparación de resultados entre mira y nivel topográfico y la estación total (limitaciones en casos extraordinarios)

VALORES DEL IRI (m/km)			
LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS			
Nº	CALLES	MIRA Y NIVEL	ESTACIÓN TOTAL
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,89	2,49
		3,26	3,97
		2,67	2,29
		4,37	4,21
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,96	5,21
		5,92	5,87
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,48	2,60
		3,15	2,23
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	5,16	4,12
		3,52	3,23
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,66	3,49
		4,98	4,41
		3,14	2,96
		3,39	3,77
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,60	5,76
		5,38	5,01
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,76	5,70
		5,86	5,44
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,43	3,03
		3,45	3,05
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,51	4,81
		4,78	4,91

Fuente: Elaboración propia

Más allá de la anterior comparación se realizó una tabulación de los datos por cada uno métodos de medición que se utilizó, se sometió a estos datos a una comparación de parámetros estadísticos como ser: media aritmética, desviación estándar, varianza mediana, mínimos, máximos, etc., con el fin de describir apropiadamente las diversas características de ese conjunto. (Ver tabla 4.11., tabla 4.12. y tabla 4.13 correspondiente a la mira y nivel topográfico y la tabla 4.14., tabla 4.15. y tabla 4.16 correspondiente a la estación total).

Tabla 4.11. Resultados del IRI obtenidos en planta sometidos a distintos parámetros estadísticos (mira y el nivel)

(a)

LIMTACIONES EN PLANTA								
		ESTADÍSTICA						
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,5551	0,4369	-	0,1432	3,4309	4,1419	3,2165
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,3105	0,2405	-	0,0434	3,3455	3,5316	3,0193
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,8856	0,7794	-	0,4557	2,8674	3,7147	2,0928
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,1998	0,5238	-	0,2058	4,1391	4,7852	3,7359
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	2,4196	1,3012	-	0,8466	2,4196	3,3397	1,4995
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	3,9319	0,7896	-	0,3117	3,9319	4,4902	3,3736
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	1,9081	0,3631	-	0,0659	1,9081	2,1648	1,6513
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,8010	0,1906	-	0,0182	2,8010	2,9357	2,6662
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,7669	0,3287	-	0,0540	4,7669	4,9993	4,5344
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,6233	0,2563	-	0,0329	2,6233	2,8045	2,4420

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11. Resultados del IRI obtenidos en planta sometidos a distintos parámetros estadísticos (mira y el nivel)

(b)

LIMTACIONES EN PLANTA								
		ESTADÍSTICA						
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,4312	0,1420	-	0,0101	2,4312	2,5316	2,3308
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	1,8905	0,8423	-	0,3547	1,8905	2,4861	1,2949
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,5395	0,2044	-	0,0209	4,5395	4,6840	4,3950
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	3,9062	0,5388	-	0,2177	3,9381	4,4595	3,2890
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	3,4266	0,8324	-	0,3464	3,4266	4,0152	2,8380
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,8886	0,7083	-	0,2509	4,8886	5,3894	4,3877
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	2,5407	1,2832	-	0,8233	2,5407	3,4480	1,6333
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	1,9640	0,0605	-	0,0018	1,9640	2,0067	1,9212

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11. Resultados del IRI obtenidos en planta sometidos a distintos parámetros estadísticos (mira y el nivel)

(c)

LIMTACIONES EN PLANTA								
		ESTADÍSTICA						
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	2,0245	0,8504	-	0,3616	2,0245	2,6258	1,4231
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	3,8418	1,2268	-	0,7525	3,8418	4,7092	2,9743
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,7812	0,1869	-	0,0175	2,7812	2,9133	2,6490
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,3335	0,2256	-	0,0254	2,3335	2,4930	2,1740

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12. Resultados del IRI obtenidos en perfil sometidos a distintos parámetros estadísticos (mira y el nivel)

LIMTACIONES EN PERFIL								
N°	CALLES	ESTADÍSTICA						
		MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,7173	0,3635	-	0,0660	7,7173	7,9743	7,4603
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,1059	1,1902	-	0,7083	7,1059	7,9475	6,2643
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	5,7417	0,3017	-	0,0683	5,8134	6,0252	5,3147
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	12,1339	2,0400	-	3,1211	11,3986	15,1294	10,6089
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	11,2362	0,7509	-	0,4229	11,4312	11,9044	10,1782
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	9,5017	2,0001	-	2,0002	9,5017	10,9160	8,0874
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	5,9156	0,2622	-	0,0344	5,9156	6,1010	5,7302
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,5735	0,2859	-	0,0409	3,5735	3,7756	3,3713
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	3,2981	0,7527	-	0,4249	3,0760	4,3672	2,6731

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.13. Resultados del IRI obtenidos en casos extraordinarios sometidos a distintos parámetros estadísticos (mira y el nivel)

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS								
		ESTADÍSTICA						
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,9375	0,0281	-	0,0004	5,9375	5,9573	5,9176
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,8122	0,4742	-	0,1124	2,8122	3,1475	2,4769
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	4,3396	1,1549	-	0,6669	4,3396	5,1562	3,5229
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,7917	0,8189	-	0,5029	3,5218	4,9791	3,1440
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolivar)	5,4886	0,1517	-	0,0115	5,4886	5,5959	5,3813
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,8098	0,0769	-	0,0030	5,8098	5,8641	5,7554
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,4394	0,0192	-	0,0002	3,4394	3,4529	3,4258
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,6459	0,1904	-	0,0181	4,6459	4,7805	4,5112

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14. Resultados del IRI obtenidos en planta sometidos a distintos parámetros estadísticos (estación total)

(a)

LIMTACIONES EN PLANTA								
		ESTADÍSTICA						
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,6150	0,4194	-	0,1319	3,5950	4,0800	3,1900
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,3450	0,1392	-	0,0145	3,3400	3,4800	3,2200
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,9150	0,8019	-	0,4823	2,8700	3,7500	2,1700
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,0689	0,5389	-	0,2178	3,9722	4,7252	3,6060
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	2,5118	0,7000	-	0,2450	2,5118	3,0067	2,0168
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	3,6951	0,7823	-	0,3060	3,6951	4,2483	3,1419
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	2,6803	0,8670	-	0,3758	2,6803	3,2933	2,0672
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,6798	0,2505	-	0,0314	2,6798	2,8569	2,5027
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,7826	0,3405	-	0,0580	4,7826	5,0233	4,5418
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,6714	0,4767	-	0,1136	2,6714	3,0084	2,3343

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14. Resultados del IRI obtenidos en planta sometidos a distintos parámetros estadísticos (estación total)

(b)

LIMTACIONES EN PLANTA								
		ESTADÍSTICA						
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACION ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,5724	0,2116	-	0,0224	2,5724	2,7220	2,4227
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	1,8726	0,5752	-	0,1654	1,8726	2,2793	1,4659
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,8318	0,1735	-	0,0151	4,8318	4,9545	4,7091
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	3,6623	0,6663	-	0,3329	3,6904	4,2911	2,9773
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	3,6436	0,6667	-	0,2222	3,6436	4,1150	3,1722
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	5,3070	0,6097	-	0,1858	5,3070	5,7381	4,8759
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	3,0791	1,3860	-	0,9605	3,0791	4,0591	2,0990
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	2,3339	0,0740	-	0,0027	2,3339	2,3862	2,2815

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14. Resultados del IRI obtenidos en planta sometidos a distintos parámetros estadísticos (estación total)

(c)

LIMTACIONES EN PLANTA								
		ESTADÍSTICA						
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACION ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	2,2897	0,9429	-	0,4445	2,2897	2,9564	1,6230
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	4,0876	1,3093	-	0,8572	4,0876	5,0134	3,1617
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,6748	0,5255	-	0,1381	2,6748	3,0464	2,3032
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,7370	0,3187	-	0,0508	2,7370	2,9623	2,5116

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15. Resultados del IRI obtenidos en perfil sometidos a distintos parámetros estadísticos (estación total)

LIMTACIONES EN PERFIL								
Nº	CALLES	ESTADÍSTICA						
		MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,6935	0,6572	-	0,2159	7,6935	8,1582	7,2288
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	6,7107	0,9493	-	0,4506	6,7107	7,3819	6,0394
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	5,8831	0,4007	-	0,1204	5,9187	6,2621	5,4329
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	12,1845	2,1371	-	3,4253	11,7336	15,1610	10,1097
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	11,5068	0,7552	-	0,4278	11,6648	12,2190	10,4785
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	9,9666	1,5911	-	1,2659	9,9666	11,0917	8,8415
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,3635	0,6031	-	0,1819	6,3635	6,7899	5,9370
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,3300	0,2970	-	0,0441	3,3300	3,5400	3,1200
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	3,2403	0,9891	-	0,7337	3,2290	4,2114	2,2916

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.16. Resultados del IRI obtenidos en casos extraordinarios sometidos a distintos parámetros estadísticos
(estación total)**

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS								
ESTADÍSTICA								
Nº	CALLES	MEDIA ARITMÉTICA (\bar{X})	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	MODA	VARIANZA	MEDIANA	MÁXIMO	MÍNIMO
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,5389	0,4629	-	0,1072	5,5389	5,8662	5,2115
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,4171	0,2604	-	0,0339	2,4171	2,6012	2,2330
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	3,6775	0,6303	-	0,1986	3,6775	4,1232	3,2318
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,6580	0,6026	-	0,2723	3,6309	4,4083	2,9619
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,3832	0,5259	-	0,1383	5,3832	5,7550	5,0113
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,5743	0,1843	-	0,0170	5,5743	5,7046	5,4440
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,0408	0,0180	-	0,0002	3,0408	3,0535	3,0280
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,8605	0,0740	-	0,0027	4,8605	4,9128	4,8081

Fuente: Elaboración propia

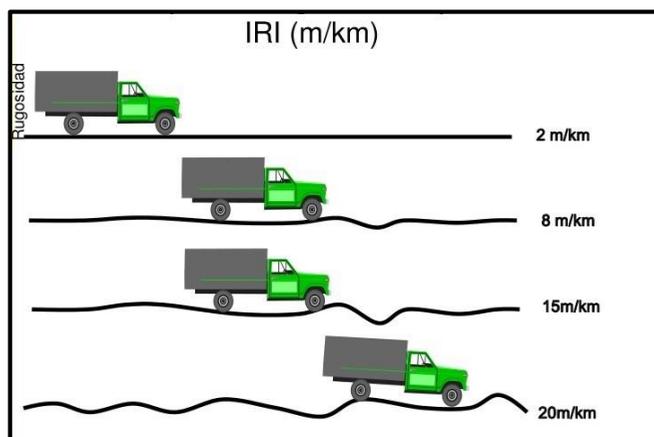
Ya obtenidos los valores del IRI con los distintos parámetros estadísticos para cada calle, podemos observar que hay valores que según la tabla 4.6. y tabla 4.7., donde estas vías pertenecerían a una categoría de “malo” que estarían entre 6,4- 10 m/km y así mismo observando hasta aparecen valores que sobre pasan el valor de 10 m/km perteneciendo a una categoría de “muy malo”, igualmente al observar la figura 2.16. (Capitulo II) hasta un valor de 6 m/km se toman en cuenta a los pavimentos viejos con depresiones menores frecuentes y en la figura 4.27., se ve que hasta un valor de 8 m/km el camino es intransitable y de pavimentos dañados, pero con todo lo mencionado anteriormente debemos tomar en cuenta que las calles que tienen estos valores altos de IRI son aquéllos que tienen pendientes mayores al 2% de pendiente por lo tanto de realizar correcciones.

Tabla 4.17. Rangos de clasificación del IRI

IRI	
Categoría	Rango (m/km)
Bueno	0-3,6
Regular	3,6-6,4
Malo	6,4-10
Muy malo	10 en adelante

Fuente: internet: 163.178.106.6/sitio-nuevo/index.php/mlb-latest-news/77-gestion-municipal/gestion-municipal-asesor%C3%Ada-t%C3%A9cnica.html

Fig. 4.28. Representación gráfica del IRI



Fuente: internet: es.slideshare.net/mobile/velazco.alcides/gestión-de-caminos-no-pavimentados

4.5. Evaluación de límites en el IRI

4.5.1. Tipos de limitaciones

Aclarando que los valores del IRI obtenidos y mostrados en las tablas 4.6 y 4.7 ya se encuentran influenciados por las limitaciones planteadas en el primer capítulo del presente trabajo.

Es así, que de esas tablas podemos observar que un buen conjunto de datos corresponden a una categoría de “bueno” esto se podría vincular al hecho de que estas vías pertenecen a calles planas con pendientes mínimas que al parecer poco influenciaron en el valor del IRI, mientras que las vías que se encuentran con mayores valores de pendientes llegarían a estar en las categorías de “malos” en este caso son aquellas calles que tienen una pendiente mayor al 4%, al igual que esta limitación también podemos hablar de las intersecciones ya que al ser un punto de cruce de automóviles, estos pueden producir mayor desgaste al pavimento y por consecuencia mayor valor del IRI, para esto dividiremos las calles de estudio según las limitaciones ya mencionadas en los capítulos anteriores.

Tabla 4.18. Tipos de limitaciones

TIPO DE LIMITACIÓN	CUALIDAD
Limitaciones en planta	Pendientes mínimas pero anchos de calzadas cambiantes a lo largo de la vía
Limitaciones en perfil	Pendientes mayores a 4%
Limitaciones en casos extraordinarios	Pendientes distintas por las intersecciones de las vías

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.1. Limitaciones en planta

Las limitaciones en este caso (ver valores en la tabla 4.11. y tabla 4.14.) no influenciaron mucho al valor el IRI por lo tanto en la evaluación resulta siendo que estas calles estarían perteneciendo a un rango entre “buenos a regular” en otras palabras estas calles son transitables para el usuario, además cabe resaltar que este tipo de clasificación fue tomada en cuenta debido a que se quería comprobar que las pequeñas pendientes que tienen, influenciarían en el valor del IRI arrojándonos valores grandes cosa que no sucedió, además otro factor que influenciaba a este tipo de limitación son cambios en el ancho de calzada a lo largo de toda la cuadra, estos cambios pueden ser progresivos o brucos, así mismo pueden haber diversas causas que impidan que la circulación no sea en la parte central del carril ya sea por los cambios del ancho de la calzada, pero las causas serían en su mayoría serían los estacionamientos no permitido pero que sin embargo si se estacionan en esa parte, así mismo las paradas de micros.

4.5.1.2. Limitaciones en perfil

Las limitaciones en perfil están más relacionadas con la pendiente longitudinal de la calle en estudio, los valores obtenidos pueden ser vistos en las tablas 4.12. y 4.15., observando que hay valores mayores a 6 m/km y que varios de ellos sobre pasan los valores de 10 m/km que pertenecería según la figura 2.14 (capitulo II) a pavimentos dañados con depresiones frecuentes poco profundas y algunas profundas, esto nos estaría mostrando vías que son poco transitables pero al tratarse de calles urbanas esto es un error porque la vía según inspección visual no se encuentra en esas condiciones por lo tanto llegamos a la conclusión de que se debe hacer correcciones o mejormente dicho realizar el recalcu de la vía según la pendiente con la que fue diseñada anteriormente.

4.5.1.3. Limitaciones por casos extraordinarios

Las limitaciones en casos extraordinarios están directamente dirigidos a los casos en intersecciones y como se ve en la tabla 4.13. y tabla 4.16., los valores son menores a 6

m/km por lo tanto son aptos para la circulación vehicular y todavía ofrecen confort a los usuarios ya que estos valores entran dentro de los rangos de un pavimento con depresiones menores frecuentes y esto es debido a que en la parte de entrada y salida de la intersección se notan un pequeño declive cuando el automóvil está en movimiento y es perceptible por los usuarios.

4.5.2. Efecto en la medición de las limitaciones

Como ya se había mencionado anteriormente estas limitaciones son aquellas que producen variaciones en la Evaluación de IRI, esto es debido a que las huellas no están precisamente siempre en el mismo lugar y esto podría ser debido a diversos factores que se encuentran en la calle misma.

Un caso de lo anteriormente mencionado en las limitaciones en planta tenemos el caso de las calles Cochabamba, La Paz, España, que son vías de doble sentido y por lo cual los actos de rebase se lo realizaría invadiendo incluso al otro carril que es de distinto sentido, así mismo hay que observar que en la Av. La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar se halla un estacionamiento que esta fuera de la calzada pero que por actos de comodidad de las personas este estacionamiento no es debidamente utilizado ya que los conductores estacionan sobre la calzada por comodidad, haciendo que la ruta de circulación sea fuera del centro del carril de circulación.

Así mismo haciendo referencia a las vías que tienen dos carriles de circulación pero que son de un solo sentido pero que no tienen el permiso correspondiente para el estacionamiento de vehículos pero que sin embargo realizan el estacionado de su vehículo, estas vías sufren el mismo inconveniente que las calles de doble sentido mencionados anteriormente solo que en este caso el acto de esquite se lo realiza hasta por el centro de la calzada en otras palabras invaden los dos carriles para su circulación continua este es el caso de la calle 15 de abril para hacer más referencia.

En otro caso a referirse mencionaremos las vías que son separadas por jardineras que sufren cambios progresivos en el ancho de calzada y que tienen una diferencia entre sus pendientes así podemos nombrar las calles Colon y Potosí, en este caso haciendo

más detalle a la calle Potosí las huellas dejadas por los vehículos en la circulación varían y no son por el centro del carril ya que los carriles son divididos por jardineras en toda la cuadra pero el inconveniente surge en que estas jardineras no son continuas a lo largo de la calle existe un corte de la jardinera por donde se supone los vehículos deberían girar en U pero está prohibido, sin embargo esta división ocasiona que los vehículos se estacionen en este sector ocasionando que los vehículos en circulación realicen la maniobra de esquivar.

Una comparación que se podría hacer son los cambios en los anchos de calzada entre calles contiguas como es el caso de las calles 15 y Belgrano, ya que la 15 de abril tiene un cierto ancho de calzada y la calle Belgrano siendo su contigua, esta cambia a un ancho de calzada que casi duplica al ancho de calzada de la 15 de abril, haciendo que la huella del vehículo desvíe su dirección de circulación, sin contar que en ambas calles los estacionamientos son en ambos lados.

Como ya se había dicho anteriormente los resultados del IRI están dentro del rango de bueno o regular que correspondería a pavimentos nuevos con imperfecciones superficiales, pero como también cabe resaltar que hay valores menores a 2 m/km que son valores que deberíamos depurar ya que estos valores pertenecerían a pavimentos perfectos con una rugosidad solo para autopistas y aeropuertos, podríamos considerar que hubo errores al tomar datos de campo.

En cuanto refiere a las limitaciones en perfil se observa que los valores son altos debido a que la pendiente afecta a la medición del IRI, ya que el IRI es medido a partir de una línea horizontal imaginaria y como el IRI son las depresiones que se van acumulando desde la línea horizontal imaginaria hasta el la línea hasta el perfil longitudinal en cada punto de medición (ver figura 3.8.), este valor del IRI se va acumulando en todo el largo de la huella en estudio, es así que muchos de los valores que se encontraron sobrepasan los valores admisible para la circulación, es por eso que se debe someter a una corrección en gabinete a todas las calles que se encuentran en este grupo.

Además mencionar que ocurren muchos casos iguales a los de las limitaciones en planta debido a la presencia de estacionamientos tanto permitidos como no permitidos y paradas de micros en ambos lados de la calzada como es el caso de las calles Cochabamba y La Paz, así mismo mencionar que la calle Domingo Paz presenta la separación de sus carriles con jardineras, pero de la misma manera presentan estacionamientos y paradas de micros en cada uno de los carriles, otro caso a mencionar es la calle Enrique Pantoja ya que esta calle es de dos carriles en un solo sentido, fue diseñada para la circulación de un vehículo en uno de los carriles y el otro carril es para uso de estacionamiento y parada de micros, pero lastimosamente esta calle es utilizada como estacionamiento y parada de micros en ambos lados de la calzada, en otras palabras la circulación vehicular es por la parte céntrica de la calzada.

Otro caso que es importante mencionar muy independientemente de los anteriormente mencionados son las avenidas Héroes de la Independencia y José María Avilés, estas avenidas tienen valores menores a los 6 m/km, por lo tanto serían calles que tienen valores admisibles para la transitabilidad, resaltado que estas son avenidas y por lo tanto están prohibidos los estacionamientos y las paradas de micros lo cual ayudaría a comprobar que los obstáculos que se generan en las calles céntricas ocasionan valores altos del IRI.

En las limitaciones por casos extraordinarios las variaciones se muestran más puntuales ya que la variación o la afectación a la evaluación del IRI radica en el cambio brusco en la parte del empalme de las dos calles tanto a la entrada y salida de la intersección, además también afecta el hecho de que si es una calle principal o una calle secundaria ya que generalmente la calle principal tiene la prioridad de que conserva su sección y pendiente de calzada haciendo que la medición del IRI en la calle secundaria varíe mucho por la presencia en el perfil longitudinal del cambio de pendiente brusca perteneciente a la calle principal, haciéndose notorio por los usuarios a la hora de la circulación por la calle secundaria en la intersección, pero los valores se encuentran dentro del rango de aceptación.

Resaltar que una de las calles estudiadas tiene la intersección en dirección recta mientras que las otras tres tienen un esviaje, se tomaron así las calles para realizar una comparación entre ellas, pero llegamos a la misma conclusión de que las calles principales tienen menores valores del IRI que las calles secundarias.

4.5.3. Corrección en el proceso de gabinete

Como ya se mencionó anteriormente se realizaran depuraciones de datos en las calles pertenecientes a todos los grupos de limitaciones ya que estos no pertenecerían a valores que sean admisibles para carreteras y peor para vías urbanas, las casillas con amarillo muestran los valores que se depuraran según un rango y este rango será tomado según lo siguiente:

$$(X - \sigma) < \sigma > (X + \sigma) \quad \text{Ecuación 4.1.}$$

Donde:

X_i = valor de una de las huellas de la misma calle

$$X = \text{[representación visual de un histograma de datos]}_i$$

σ = desviación estándar de los valores X_i

Para la depuración de datos en el caso de las limitaciones en planta tenemos la tabla 4.19. y tabla 4.21., donde se muestran los datos a ser depurados (casillas de color amarillo) con sus respectivos rangos para la mira y el nivel topográfico y la estación total respectivamente y en la tabla 4.20. y tabla 4.22., los datos ya fueron depurados para la mira y el nivel topográfico y la estación total respectivamente.

Tabla 4.19. Datos que serán depurados (mira y nivel topográfico)

(a)

LIMTACIONES EN PLANTA						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$X - \sigma$
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,6344	3,2274	4,1419	3,2165	3,9920	3,1181
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,0193	3,2086	3,5316	3,4823	3,5510	3,0699
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,3644	3,7147	2,0928	3,3704	3,6650	2,1061
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,7359	3,78	4,4982	4,7852	4,7236	3,6760
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	1,4995	3,3397			3,7208	1,1184
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	4,4902	3,3736			4,7215	3,1423
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	1,6513	2,1648			2,2711	1,5450
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,6662	2,9357			2,9915	2,6104
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,5344	4,9993			5,0956	4,4381
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,442	2,8045			2,8796	2,3669
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,3308	2,5316			2,5732	2,2892
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,4861	1,2949			2,7328	1,0482
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,684	4,395			4,7439	4,3351

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19. Datos que serán depurados (mira y nivel topográfico)

(b)

LIMTACIONES EN PLANTA						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$X - \sigma$
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,4595	3,6366	3,289	4,2396	4,4450	3,3674
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,0152	2,838			4,2590	2,5942
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,3877	5,3894			5,5969	4,1802
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	1,6333	3,448			3,8238	1,2575
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	1,9212	2,0067			2,0244	1,9035
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,4231	2,6258			2,8749	1,1740
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	2,9743	4,7092			5,0685	2,6150
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,649	2,9133			2,9680	2,5943
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,493	2,174			2,5591	2,1079

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.20. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en planta (mira y nivel topográfico)

LIMTACIONES EN PLANTA					
VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,6344	3,2274		3,2165
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas		3,2086	3,5316	3,4823
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,3644		2,0928	3,3704
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,7359	3,78		
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	1,4995	3,3397		
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	4,4902	3,3736		
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	1,6513	2,1648		
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,6662	2,9357		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,5344	4,9993		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,442	2,8045		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,3308	2,5316		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,4861	1,2949		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,684	4,395		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez		3,6366		4,2396
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,0152	2,838		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,3877	5,3894		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	1,6333	3,448		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	1,9212	2,0067		
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,4231	2,6258		
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	2,9743	4,7092		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,649	2,9133		
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,493	2,174		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21. Datos que serán depurados (estación total)

(a)

LIMTACIONES EN PLANTA						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$
N ^o	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,85	3,34	4,08	3,19	4,0344	3,1956
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,22	3,23	3,48	3,45	3,4842	3,2058
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,29	3,75	2,17	3,45	3,7169	2,1131
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,61	3,65	4,29	4,73	4,6078	3,5300
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	2,02	3,01			3,2117	1,8118
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	4,25	3,14			4,4774	2,9128
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	2,07	3,29			3,5472	1,8133
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,50	2,86			2,9303	2,4293
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,54	5,02			5,1230	4,4421
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,33	3,01			3,1480	2,1947
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,42	2,72			2,7840	2,3607
12	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,28	1,47			2,4478	1,2974
13	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,95	4,71			5,0053	4,6583

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21. Datos que serán depurados (estación total)

(b)

LIMTACIONES EN PLANTA						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$X - \sigma$
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,29	3,21	2,98	4,17	4,3285	2,9960
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,12	3,17			4,3103	2,9769
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,88	5,74			5,9167	4,6973
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	2,10	4,06			4,4651	1,6930
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	2,28	2,39			2,4079	2,2598
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,62	2,96			3,2326	1,3468
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	3,16	5,01			5,3969	2,7782
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,30	3,05			3,2003	2,1493
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,96	2,51			3,0556	2,4183

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.22. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en planta (estación total)

LIMITACIONES EN PLANTA					
VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,85	3,34		3,19
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,22	3,23	3,48	3,45
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,29		2,17	3,45
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,61	3,65	4,29	
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	2,02	3,01		
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	4,25	3,14		
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	2,07	3,29		
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,50	2,86		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,54	5,02		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,33	3,01		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,42	2,72		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,28	1,47		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,95	4,71		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,29	3,21		4,17
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,12	3,17		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,88	5,74		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	2,10	4,06		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	2,28	2,39		
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,62	2,96		
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	3,16	5,01		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,30	3,05		
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,96	2,51		

Fuente: Elaboración propia

Para la depuración de datos en el caso de las limitaciones en perfil tenemos la tabla 4.23. y tabla 4.25., donde se muestran los datos a ser depurados (casillas de color amarillo) con sus respectivos rangos para la mira y el nivel topográfico y la estación total respectivamente y en la tabla 4.24. y tabla 4.26., los datos ya fueron depurados para la mira y el nivel topográfico y la estación total respectivamente.

Tabla 4.23. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en perfil (mira y nivel topográfico)

LIMITACIONES EN PERFIL						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,4603	7,9743			8,0808	7,3538
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,9475	6,2643			8,2961	5,9157
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,0252	5,8097	5,8171	5,3147	6,0433	5,4400
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,6269	10,6089	15,1294	11,1703	14,1738	10,0939
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,1782	11,2735	11,5000	11,9044	11,9871	10,4853
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	10,916	8,0874			11,5018	7,5016
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,101	5,7302			6,1778	5,6534
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,7756	3,3713			3,8593	3,2876
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,9027	2,2502	2,6721	1,2672	1,0507	2,5151

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.24. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en perfil (mira y nivel topográfico)

LIMITACIONES EN PERFIL					
VALORES DEL IRI (m/km)					
N°	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,4603	7,9743		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,9475	6,2643		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,0252	5,8097	5,8171	
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,6269	10,6089		11,1703
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar		11,2735	11,5888	11,9044
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	10,916	8,0874		
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,101	5,7302		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,7756	3,3713		
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,8927	3,2592	2,6731	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.25. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en perfil (estación total)

LIMTACIONES EN PERFIL						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$X - \sigma$
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,23	8,16			8,3507	7,0363
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,38	6,04			7,6599	5,7614
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,26	6,18	5,43	5,66	6,2838	5,4824
	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro					14,3215	10,0474
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,48	11,45	11,88	12,22	12,2620	10,7515
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	11,09	8,84			11,5577	8,3755
	26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,79	5,94			6,9665
27		Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,54	3,12			3,6270
		Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,49	3,97	2,29	4,21	4,2294

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.26. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en perfil (estación total)

LIMTACIONES EN PERFIL					
VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,23	8,16		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,38	6,04		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,26	6,18		5,66
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,99	10,11		11,48
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar		11,45	11,88	12,22
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	11,09	8,84		
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,79	5,94		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,54	3,12		
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,49	3,97	2,29	4,21

Fuente: Elaboración propia

Para la depuración de datos en el caso de las limitaciones en casos extraordinarios tenemos la tabla 4.27. y tabla 4.29., donde se muestran los datos a ser depurados (casillas de color amarillo) con sus respectivos rangos para la mira y el nivel topográfico y la estación total respectivamente y en la tabla 4.28. y tabla 4.30., los datos ya fueron depurados para la mira y el nivel topográfico y la estación total respectivamente.

Tabla 4.27. Datos que serán depurados (mira y nivel topográfico)

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$X - \sigma$
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,9573	5,9176			5,9655	5,9094
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,4769	3,1475			3,2864	2,3380
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	5,1562	3,5229			5,4945	3,1846
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,6569	4,9791	3,144	3,3867	4,6105	2,9728
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,5959	5,3813			5,6403	5,3369
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,7554	5,8641			5,8866	5,7329
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,4258	3,4529			3,4585	3,4202
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,5112	4,7805			4,8363	4,4554

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.28. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en casos extraordinarios (mira y nivel topográfico)

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS					
VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,9573	5,9176		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,4769	3,1475		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	5,1562	3,5229		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,6569		3,144	3,3867
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,5959	5,3813		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,7554	5,8641		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,4258	3,4529		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,5112	4,7805		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.29. Datos que serán depurados (estación total)

LIMTACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS						RANGO	
VALORES DEL IRI (m/km)						$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4		
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,21	5,87			6,0018	5,0759
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,60	2,23			2,6775	2,1567
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	4,12	3,23			4,3078	3,0472
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,49	4,41	2,96	3,77	4,2605	3,0554
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,76	5,01			5,9090	4,8573
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,70	5,44			5,7586	5,3900
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,03	3,05			3,0588	3,0227
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,81	4,91			4,9345	4,7864

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.30. Resultados ya corregidos del IRI con limitaciones en casos extraordinarios (estación total)

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS					
VALORES DEL IRI (m/km)					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,21	5,87		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,60	2,23		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	4,12	3,23		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,49	4,41		3,77
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,76	5,01		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,70	5,44		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,03	3,05		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,81	4,91		

Fuente: Elaboración propia

En primera instancia aclararemos que los valores del IRI ya están influenciados por las limitaciones que fueron planteadas en el primer capítulo de este trabajo, por lo tanto la primera evaluación que se hizo, fue con valores influenciados por las limitaciones, las posteriores correcciones que harán variar los resultados del IRI serán evaluados y comparados con la primera evaluación para poder concluir cuál de las evaluaciones es la correcta y si la variación de valores es grande, es así que se someterá a los datos según el perfil longitudinal de cada uno ellos a un proceso de corrección que nos ayudara a visualizar en cuanto afectan estas limitaciones a cada uno de los casos en estudio y si es necesario trabajar con estos nuevos valores ya corregidos o con los valores anteriores para establecer conclusiones.

Esta corrección empezara por crear una línea imaginaria que tendrá como base la pendiente longitudinal del camino es así que se dibujara una perfil longitudinal de la vía basado en la pendiente (ver tabla 4.31. y tabla 4.32. correspondiente a datos de la mira y el nivel topográfico y la estación total respectivamente) que sería asemejado a la pendiente de diseño, esta línea solo ayudara a hacer una evaluación de cuanto varia los datos de acuerdo a la pendiente que tiene la vía, las gráficas de las pendientes se muestran en las figuras 4.29 y 4.30 para la mira y nivel topográfico y en las figuras 4.31 y 4.32 para la estación total, así mismo todas las tablas correspondientes a las diferentes calles de estudio se mostraran en el Anexo II y III.

Tabla 4.31. Datos de perfil longitudinal base a partir de la pendiente (mira y nivel topográfico)

(a)

**PERFIL LONGITUDINAL DE BASE
CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O'CONNOR Y CALLE
EJÉRCITO**

HUELLA 1			HUELLA 2		
N°	Rh	Hd	N°	Rh	Hd
1.	1,4575	13,34	1.	1,5329	12,82
2.	1,4622	12,85	2.	1,5376	12,34
3.	1,4669	12,32	3.	1,5423	11,91
4.	1,4716	11,86	4.	1,5470	11,42
5.	1,4763	11,37	5.	1,5517	10,89
6.	1,4810	10,94	6.	1,5564	10,40
7.	1,4857	10,46	7.	1,5611	9,88
8.	1,4904	10,03	8.	1,5658	9,44
9.	1,4951	9,62	9.	1,5705	8,93
10.	1,4998	9,17	10.	1,5752	8,39
11.	1,5045	8,73	11.	1,5799	7,97
12.	1,5092	8,31	12.	1,5846	7,48
13.	1,5139	7,96	13.	1,5893	6,95
14.	1,5186	7,46	14.	1,5940	6,51
15.	1,5233	7,07	15.	1,5987	6,00
16.	1,5280	6,64	16.	1,6034	5,54
17.	1,5327	6,35	17.	1,6081	5,05
18.	1,5374	5,97	18.	1,6128	4,58
19.	1,5421	5,63	19.	1,6175	4,13
20.	1,5468	5,41	20.	1,6222	3,71
21.	1,5515	5,15	21.	1,6269	3,27
22.	1,5562	4,83	22.	1,6316	2,90
23.	1,5609	4,59	23.	1,6363	2,54
24.	1,5656	4,44	24.	1,6410	2,22
25.	1,5703	4,30	25.	1,6457	2,04
26.	1,5750	4,25	26.	1,6504	1,85
27.	1,5797	4,30	27.	1,6551	1,89
28.	1,5844	4,38	28.	1,6598	1,96
29.	1,5891	4,58	29.	1,6645	2,21
30.	1,5938	4,64	30.	1,6692	2,48

Fuente: Elaboración propia

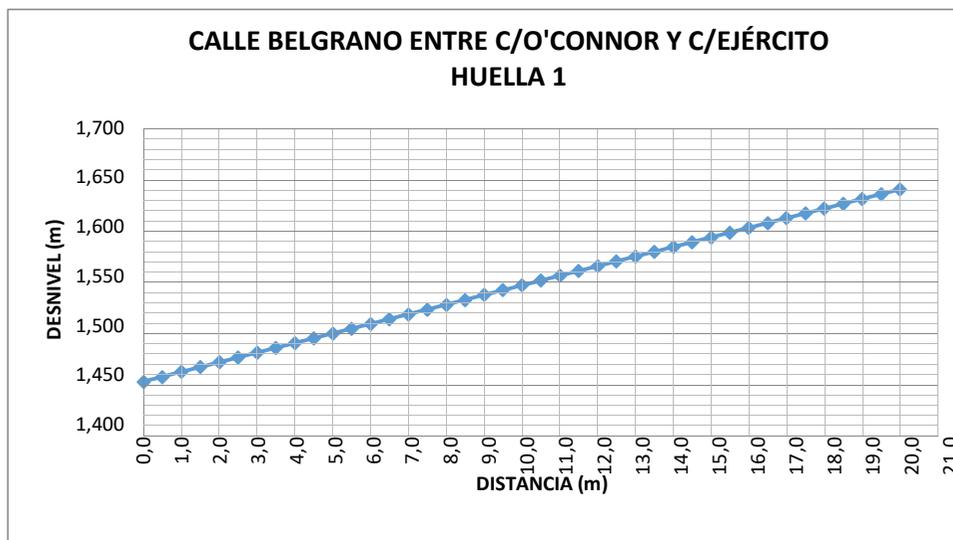
Tabla 4.31. Datos de perfil longitudinal base a partir de la pendiente (mira y nivel topográfico) (b)

**PERFIL LONGITUDINAL DE BASE
CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O'CONNOR Y CALLE
EJÉRCITO**

HUELLA 1			HUELLA 2		
Nº	Rh	Hd	Nº	Rh	Hd
31.	1,5985	4,79	31.	1,6739	2,91
32.	1,6032	5,11	32.	1,6786	3,31
33.	1,6079	5,41	33.	1,6833	3,76
34.	1,6126	5,75	34.	1,6880	4,19
35.	1,6173	6,08	35.	1,6927	4,63
36.	1,6220	6,46	36.	1,6974	5,06
37.	1,6267	6,87	37.	1,7021	5,56
38.	1,6314	7,24	38.	1,7068	6,07
39.	1,6361	7,71	39.	1,7115	6,52
40.	1,6408	8,10	40.	1,7162	7,03
41.	1,6455	8,59	41.	1,7209	7,48

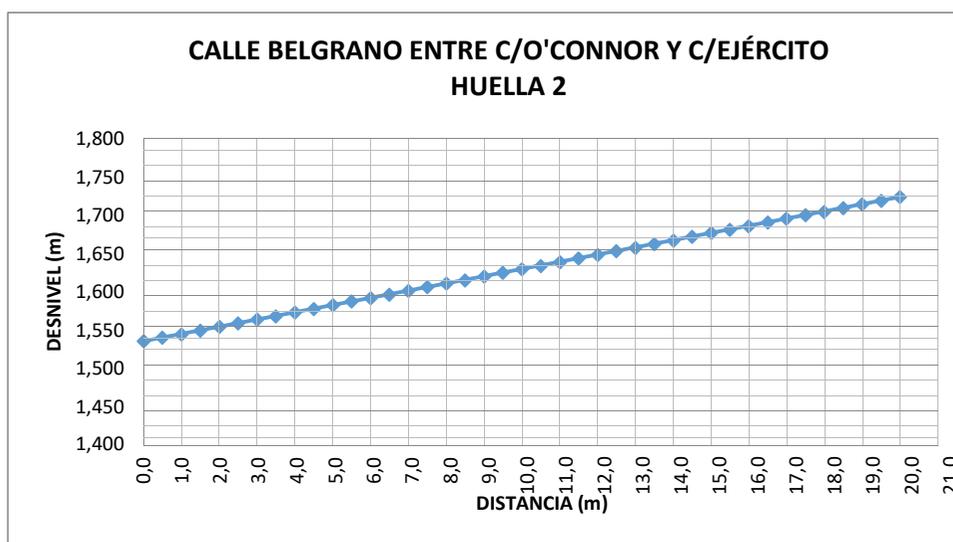
Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.29. Perfil longitudinal base a partir de la pendiente huella 1 (mira y nivel topográfico)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.30. Perfil longitudinal base a partir de la pendiente huella 2 (mira y nivel topográfico)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.32. Datos de perfil longitudinal base a partir de la pendiente (estación total)

(a)

PERFIL LONGITUDINAL DE BASE							
CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJÉRCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACIÓN			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACIÓN			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
1	7617456,6463	321164,4644	1880,0571	1	7617455,1619	321164,5223	1880,0642
2	7617456,8116	321164,0046	1880,0618	2	7617455,2734	321164,0230	1880,0689
3	7617457,0337	321163,5507	1880,0665	3	7617455,3148	321163,5593	1880,0736
4	7617457,2193	321163,0895	1880,0712	4	7617455,5220	321163,1292	1880,0783
5	7617457,3939	321162,6457	1880,0759	5	7617455,6262	321162,6877	1880,0830
6	7617457,6056	321162,2157	1880,0806	6	7617455,7766	321162,2252	1880,0877
7	7617457,7238	321161,7772	1880,0853	7	7617456,0353	321161,7996	1880,0924
8	7617457,8583	321161,3003	1880,0900	8	7617456,1013	321161,2578	1880,0971
9	7617458,0753	321160,8783	1880,0947	9	7617456,3736	321160,8729	1880,1018
10	7617458,2236	321160,4140	1880,0994	10	7617456,5027	321160,3910	1880,1065
11	7617458,3691	321159,9343	1880,1041	11	7617456,6956	321159,9522	1880,1112
12	7617458,4314	321159,4064	1880,1088	12	7617456,8504	321159,4912	1880,1159
13	7617458,6100	321158,9557	1880,1135	13	7617457,1133	321159,0656	1880,1206
14	7617458,8375	321158,5112	1880,1182	14	7617457,3477	321158,6645	1880,1253
15	7617459,0224	321158,0486	1880,1229	15	7617457,4956	321158,2214	1880,1300
16	7617459,2063	321157,6035	1880,1276	16	7617457,5110	321158,2276	1880,1347
17	7617459,2794	321157,1296	1880,1323	17	7617457,6347	321157,7875	1880,1394

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.32. Datos de perfil longitudinal base a partir de la pendiente (estación total)

(b)

PERFIL LONGITUDINAL DE BASE							
CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJÉRCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACIÓN			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACIÓN			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
18	7617459,4322	321156,6583	1880,1370	18	7617457,8757	321157,3391	1880,1441
19	7617459,7190	321156,2342	1880,1417	19	7617458,0478	321156,8646	1880,1488
20	7617459,8988	321155,7998	1880,1464	20	7617458,2525	321156,4347	1880,1535
21	7617460,0508	321155,3394	1880,1511	21	7617458,4304	321155,9564	1880,1582
22	7617460,2211	321154,8795	1880,1558	22	7617458,6328	321155,5120	1880,1629
23	7617460,3320	321154,3923	1880,1605	23	7617458,8586	321155,0711	1880,1676
24	7617460,5118	321153,9015	1880,1652	24	7617459,0136	321154,6180	1880,1723
25	7617460,6848	321153,4479	1880,1699	25	7617459,2075	321154,1444	1880,1770
26	7617460,8743	321152,9929	1880,1746	26	7617459,4036	321153,6753	1880,1817
27	7617461,0227	321152,5094	1880,1793	27	7617459,6030	321153,1624	1880,1864
28	7617461,2266	321152,0541	1880,1840	28	7617459,7734	321152,7304	1880,1911
29	7617461,3699	321151,5846	1880,1887	29	7617459,9655	321152,2357	1880,1958
30	7617461,5634	321151,1478	1880,1934	30	7617460,1627	321151,7640	1880,2005
31	7617461,6528	321150,6739	1880,1981	31	7617460,3294	321151,3119	1880,2052

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.32. Datos de perfil longitudinal base a partir de la pendiente (estación total)

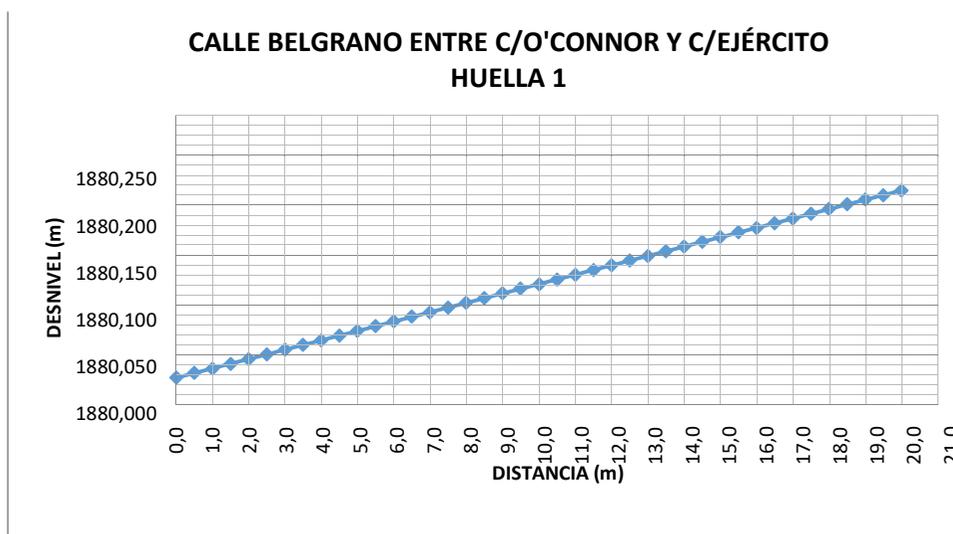
(c)

PERFIL LONGITUDINAL DE BASE

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O'CONNOR Y CALLE EJÉRCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACIÓN			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACIÓN			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
32	7617461,8322	321150,2243	1880,2028	32	7617460,5193	321150,8431	1880,2099
33	7617462,0224	321149,7673	1880,2075	33	7617460,7122	321150,3559	1880,2146
34	7617462,2483	321149,3359	1880,2122	34	7617460,9086	321149,8829	1880,2193
35	7617462,3515	321148,8389	1880,2169	35	7617461,1145	321149,3464	1880,2240
36	7617462,5569	321148,4055	1880,2216	36	7617461,2979	321148,8950	1880,2287
37	7617462,7627	321147,9586	1880,2263	37	7617461,4604	321148,4706	1880,2334
38	7617462,9305	321147,5201	1880,2310	38	7617461,6503	321147,9997	1880,2381
39	7617463,0320	321147,0690	1880,2357	39	7617461,8431	321147,5194	1880,2428
40	7617463,2710	321146,6217	1880,2404	40	7617462,0092	321147,0917	1880,2475
41	7617463,4305	321146,1431	1880,2451	41	7617462,2133	321146,5680	1880,2522

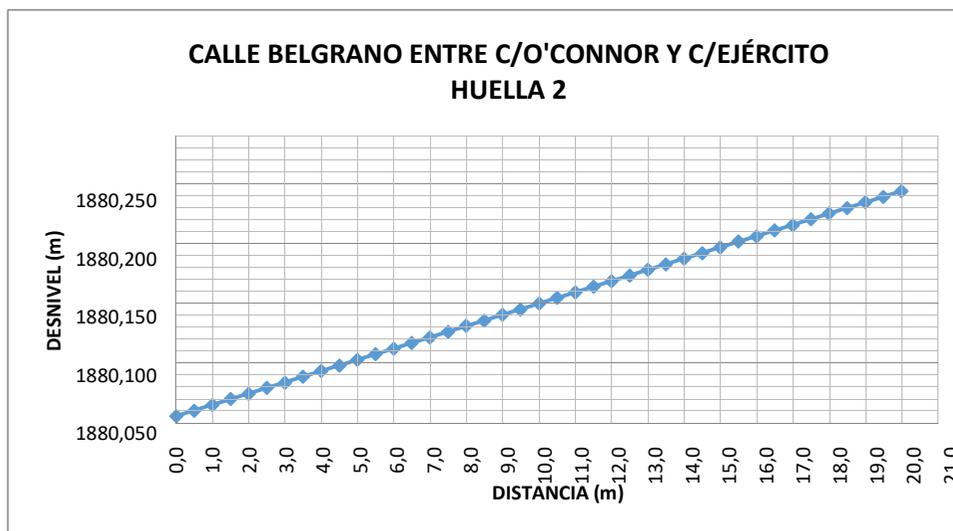
Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.31. Perfil longitudinal base a partir de la pendiente huella 1 (estación total)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.32. Perfil longitudinal base a partir de la pendiente huella 2 (estación total)



Fuente: Elaboración propia

Una vez terminado el dibujado de los distintos perfiles se procede a realizar el restado de los valores leídos tanto de la mira y nivel topográfico y la estación total, este restado solo consiste en restar el valor leido por el equipo a una cierta distancia menos el valor que se obtuvo del perfil que se graficó en base a la pendiente a la misma

distancia o valor de posición que se le dio en un cierto orden más la unidad, es así que por ejemplo que en la calle Belgrano entre calle O'Connor y calle Ejército tenemos todos los datos con una numeración del 1 al 41 (ver tabla 4.4.), de la misma forma la tabla que genera el perfil longitudinal a base de la pendiente (ver tabla 4.31.) que tienen la misma numeración que la tabla 4.4. lo cual indica que cada número tiene la misma posición para realizar el restado y así los resultados se puedan generar en la misma tabla con la misma numeración y posición, además cuando hablamos de sumarle la unidad, este paso se lo realizo ya que si restamos los dos valores pueden resultar valores negativos que en la gráfica de un perfil se pueden mal entender es por esa razón que al restarle una valor negativo a la unidad obtenemos una valor positivo aunque sea pequeño pero ya se trataría de graficar un valor positivo, estas nuevas graficas generadas se las puede observar en la tabla 4.33 y 4.34 correspondientes a la mira y nivel topográfico y la estación total respectivamente (las tabla de las demás vías se muestran en los anexos II y III), así también se muestran en las figuras 4.33 y 4.34 (mira y nivel topográfico) y figuras 4.35y 4.36 (estación total) que muestran las gráficas ya generadas.

Tabla 4.33. Datos de perfil longitudinal ya corregido (mira y nivel topográfico)

(a)

**CORRECCIONES
CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O'CONNOR Y CALLE EJÉRCITO**

HUELLA 1			HUELLA 2		
Nº	Rh	Hd	Nº	Rh	Hd
1.	1,0000	13,34	1.	1,0000	12,82
2.	0,9958	12,85	2.	0,9983	12,34
3.	0,9899	12,32	3.	0,9908	11,91
4.	0,9852	11,86	4.	0,9781	11,42
5.	0,9843	11,37	5.	0,9738	10,89
6.	0,9798	10,94	6.	0,9664	10,40
7.	0,9670	10,46	7.	0,9598	9,88
8.	0,9594	10,03	8.	0,9528	9,44
9.	0,9580	9,62	9.	0,9453	8,93
10.	0,9545	9,17	10.	0,9405	8,39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.33. Datos de perfil longitudinal ya corregido (mira y nivel topográfico)

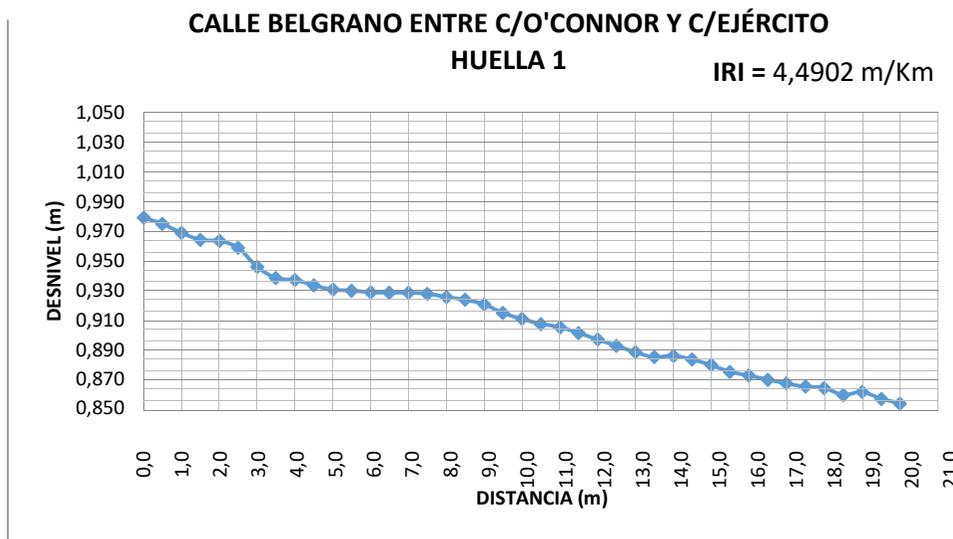
(b)

**CORRECCIONES
CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O'CONNOR Y CALLE EJÉRCITO**

HUELLA 1			HUELLA 2		
Nº	Rh	Hd	Nº	Rh	Hd
11.	0,9515	8,73	11.	0,9343	7,97
12.	0,9509	8,31	12.	0,9245	7,48
13.	0,9497	7,96	13.	0,9175	6,95
14.	0,9495	7,46	14.	0,9101	6,51
15.	0,9494	7,07	15.	0,9045	6,00
16.	0,9488	6,64	16.	0,8981	5,54
17.	0,9466	6,35	17.	0,8917	5,05
18.	0,9447	5,97	18.	0,8829	4,58
19.	0,9417	5,63	19.	0,8741	4,13
20.	0,9358	5,41	20.	0,8668	3,71
21.	0,9318	5,15	21.	0,8603	3,27
22.	0,9285	4,83	22.	0,8557	2,90
23.	0,9263	4,59	23.	0,8518	2,54
24.	0,9224	4,44	24.	0,8467	2,22
25.	0,9179	4,30	25.	0,8427	2,04
26.	0,9137	4,25	26.	0,8385	1,85
27.	0,9094	4,30	27.	0,8358	1,89
28.	0,9060	4,38	28.	0,8338	1,96
29.	0,9070	4,58	29.	0,8301	2,21
30.	0,9044	4,64	30.	0,8270	2,48
31.	0,9007	4,79	31.	0,8236	2,91
32.	0,8962	5,11	32.	0,8236	3,31
33.	0,8936	5,41	33.	0,8196	3,76
34.	0,8909	5,75	34.	0,8173	4,19
35.	0,8882	6,08	35.	0,8149	4,63
36.	0,8861	6,46	36.	0,8143	5,06
37.	0,8852	6,87	37.	0,8145	5,56
38.	0,8806	7,24	38.	0,8180	6,07
39.	0,8825	7,71	39.	0,8221	6,52
40.	0,8780	8,10	40.	0,8213	7,03
41.	0,8749	8,59	41.	0,8211	7,48

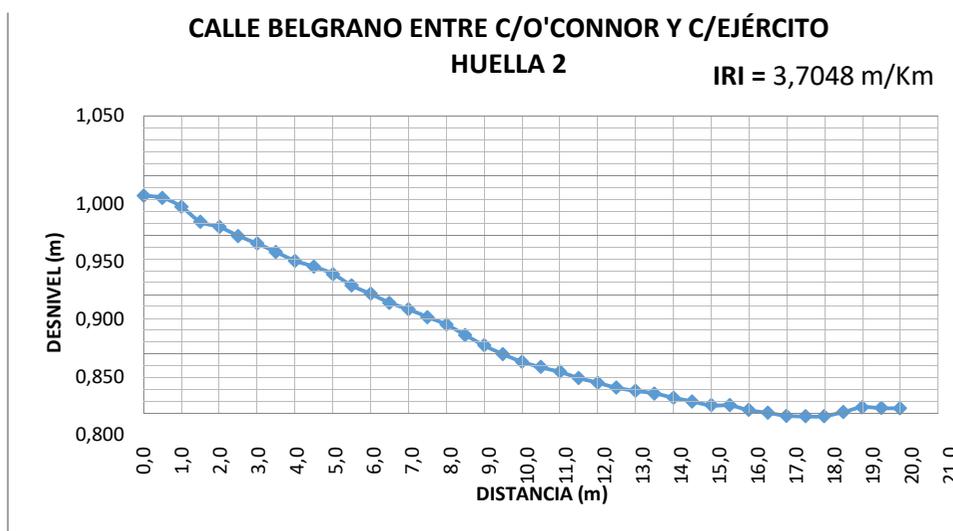
Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.33. Perfil longitudinal ya corregido huella 1 (mira y nivel topográfico)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.34. Perfil longitudinal ya corregido huella 2 (mira y nivel topográfico)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.34. Datos de perfil longitudinal ya corregido (estación total)

(a)

CORRECCIONES

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJÉRCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACIÓN			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACIÓN			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
1	7617456,6463	321164,4644	1,0000	1	7617455,1619	321164,5223	1,0000
2	7617456,8116	321164,0046	1,0005	2	7617455,2734	321164,0230	1,0005
3	7617457,0337	321163,5507	0,9996	3	7617455,3148	321163,5593	1,0016
4	7617457,2193	321163,0895	0,9990	4	7617455,5220	321163,1292	0,9994
5	7617457,3939	321162,6457	0,9958	5	7617455,6262	321162,6877	0,9978
6	7617457,6056	321162,2157	0,9925	6	7617455,7766	321162,2252	0,9954
7	7617457,7238	321161,7772	0,9885	7	7617456,0353	321161,7996	0,9931
8	7617457,8583	321161,3003	0,9832	8	7617456,1013	321161,2578	0,9912
9	7617458,0753	321160,8783	0,9790	9	7617456,3736	321160,8729	0,9862
10	7617458,2236	321160,4140	0,9764	10	7617456,5027	321160,3910	0,9823
11	7617458,3691	321159,9343	0,9680	11	7617456,6956	321159,9522	0,9789
12	7617458,4314	321159,4064	0,9619	12	7617456,8504	321159,4912	0,9765
13	7617458,6100	321158,9557	0,9564	13	7617457,1133	321159,0656	0,9709
14	7617458,8375	321158,5112	0,9493	14	7617457,3477	321158,6645	0,9609
15	7617459,0224	321158,0486	0,9455	15	7617457,4956	321158,2214	0,9612

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.34. Datos de perfil longitudinal ya corregido (estación total)

(b)

CORRECCIONES

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJÉRCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACIÓN			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACIÓN			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
16	7617459,2063	321157,6035	0,9387	16	7617457,5110	321158,2276	0,9558
17	7617459,2794	321157,1296	0,9340	17	7617457,6347	321157,7875	0,9503
18	7617459,4322	321156,6583	0,9316	18	7617457,8757	321157,3391	0,9431
19	7617459,7190	321156,2342	0,9280	19	7617458,0478	321156,8646	0,9388
20	7617459,8988	321155,7998	0,9242	20	7617458,2525	321156,4347	0,9354
21	7617460,0508	321155,3394	0,9199	21	7617458,4304	321155,9564	0,9360
22	7617460,2211	321154,8795	0,9169	22	7617458,6328	321155,5120	0,9344
23	7617460,3320	321154,3923	0,9144	23	7617458,8586	321155,0711	0,9304
24	7617460,5118	321153,9015	0,9126	24	7617459,0136	321154,6180	0,9292
25	7617460,6848	321153,4479	0,9100	25	7617459,2075	321154,1444	0,9261
26	7617460,8743	321152,9929	0,9093	26	7617459,4036	321153,6753	0,9230
27	7617461,0227	321152,5094	0,9047	27	7617459,6030	321153,1624	0,9139
28	7617461,2266	321152,0541	0,9023	28	7617459,7734	321152,7304	0,9103
29	7617461,3699	321151,5846	0,8965	29	7617459,9655	321152,2357	0,9014

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.34. Datos de perfil longitudinal ya corregido (estación total)

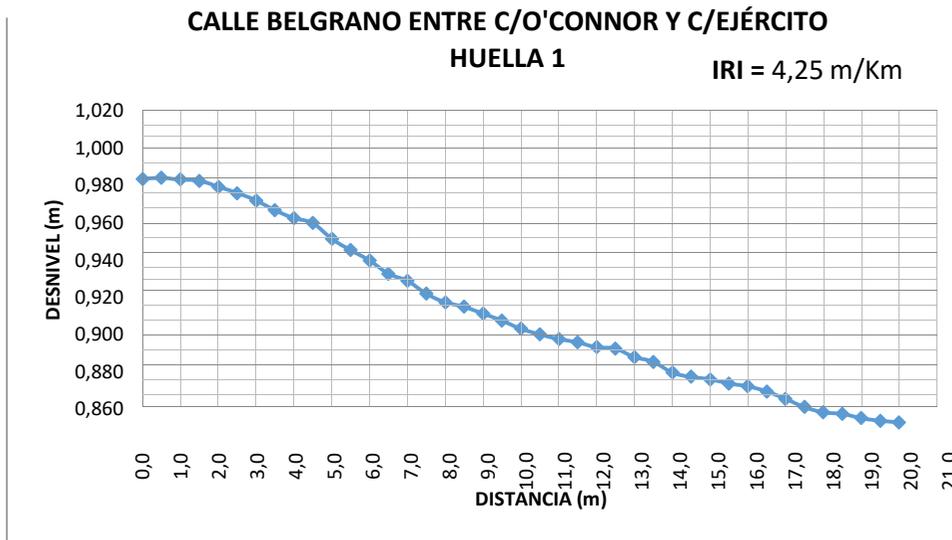
(c)

CORRECCIONES

CALLE BELGRANO ENTRE CALLE O`CONNOR Y CALLE EJÉRCITO							
N°	NORTE	ESTE	COTA	OBSERVACIÓN			
A	7617459,0000	321165,0000	1880,0000	PUNTO ESTACION			
B	7617457,0000	321140,0000	1880,0000	PUNTO AUXILIAR DE ORIENTACIÓN			
N°	NORTE	ESTE	COTA	N°	NORTE	ESTE	COTA
30	7617461,5634	321151,1478	0,8941	30	7617460,1627	321151,7640	0,9011
31	7617461,6528	321150,6739	0,8929	31	7617460,3294	321151,3119	0,8968
32	7617461,8322	321150,2243	0,8906	32	7617460,5193	321150,8431	0,8951
33	7617462,0224	321149,7673	0,8891	33	7617460,7122	321150,3559	0,8902
34	7617462,2483	321149,3359	0,8864	34	7617460,9086	321149,8829	0,8911
35	7617462,3515	321148,8389	0,8824	35	7617461,1145	321149,3464	0,8865
36	7617462,5569	321148,4055	0,8780	36	7617461,2979	321148,8950	0,8813
37	7617462,7627	321147,9586	0,8752	37	7617461,4604	321148,4706	0,8794
38	7617462,9305	321147,5201	0,8744	38	7617461,6503	321147,9997	0,8776
39	7617463,0320	321147,0690	0,8721	39	7617461,8431	321147,5194	0,8772
40	7617463,2710	321146,6217	0,8707	40	7617462,0092	321147,0917	0,8753
41	7617463,4305	321146,1431	0,8699	41	7617462,2133	321146,5680	0,8760

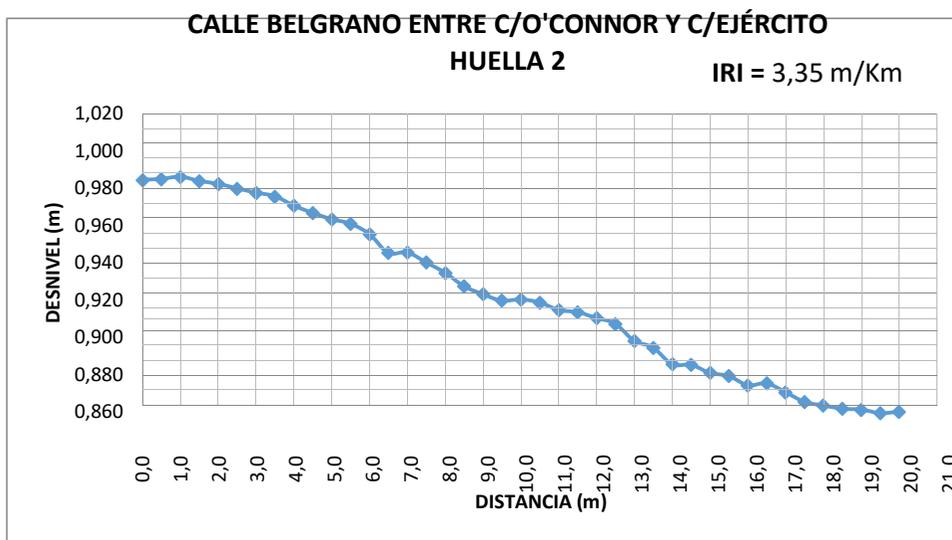
Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.35. Perfil longitudinal ya corregido huella 1 (estación total)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.36. Perfil longitudinal ya corregido huella 2 (estación total)



Fuente: Elaboración propia

Es así que con todos los datos ya generados con los pasos anteriormente mencionados se obtuvieron las siguientes tablas de resultados:

Tabla 4.35. Resultados generados por la corrección para la limitaciones en planta (mira y nivel topográfico)

LIMITACIONES EN PLANTA					
N°	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,6344	3,0938	4,1419	3,1505
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,0192	3,2086	3,5317	3,4823
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,2597	3,7118	2,146	3,372
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,7344	4,4919	4,4709	4,6364
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	1,271	3,3397		
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	4,4902	3,7048		
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	1,6117	1,9837		
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,6668	3,0331		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	5,9537	5,3905		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,7892	3,1567		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,3347	2,5297		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,405	2,2888		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,3834	4,372		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,5108	3,8871	2,3988	4,2396
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	3,7702	2,838		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,5385	5,3894		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	1,7231	3,448		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	1,8677	2,0051		
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	2,6198	2,4238		
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	2,775	4,7092		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,6647	2,7827		
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,4987	2,0644		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.36. Resultados generados por la corrección para la limitaciones en perfil (mira y nivel topográfico)

LIMITACIONES EN PERFIL					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	6,5204	5,9011		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,02	7,2888		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,0169	5,8622	6,1526	5,2026
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,6216	13,0779	9,5852	16,4108
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,4371	11,2622	11,7489	11,934
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	10,916	8,0874		
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,0837	5,7421		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,7826	2,7911		
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,8809	2,6777	2,6161	4,8384

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.37. Resultados generados por la corrección para la limitaciones en casos extraordinarios (mira y nivel topográfico)

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS					
N°	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,9573	5,8073		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,3742	3,1475		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	3,9093	3,5229		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,6569	4,9791	3,3219	3,3867
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,5616	5,3775		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	6,4217	6,6536		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,7451	2,951		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	5,0613	4,7823		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.38. Resultados generados por la corrección para la limitaciones en planta (estación total)

LIMITACIONES EN PLANTA					
N°	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,87	3,36	4,07	3,20
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,22	3,21	3,45	3,49
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,24	3,80	2,17	3,44
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,61	3,67	4,29	4,73
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	2,02	3,01		
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	4,25	3,35		
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	2,03	3,20		
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,50	2,88		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,60	5,02		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,32	3,00		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,47	2,72		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,23	1,50		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,98	4,74		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,28	3,20	2,98	4,17
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,12	3,16		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,88	5,75		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	2,10	4,05		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	2,28	2,39		
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,62	2,96		
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	3,16	5,01		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,31	3,04		
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,96	2,51		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.39. Resultados generados por la corrección para la limitaciones en perfil (estación total)

LIMITACIONES EN PERFIL					
N°	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,23	8,16		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,39	6,05		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,26	6,13	5,46	5,75
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	12,46	10,11	15,14	11,50
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,44	11,45	11,88	12,21
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	11,15	8,84		
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,79	5,94		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,55	3,26		
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,59	3,95	2,29	4,22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.40. Resultados generados por la corrección para la limitaciones en casos extraordinarios (estación total)

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS					
Nº	CALLES	HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,21	5,87		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,60	2,24		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	4,12	3,23		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,49	4,41	2,98	3,77
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,75	5,02		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,70	5,45		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,03	3,05		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,81	4,91		

Fuente: Elaboración propia

4.6. Análisis de resultados

Primeramente podríamos comenzar por describir que cada una de las calles en estudio fueron escogidos de acuerdo a un vistazo preliminar para describir sus características y así poder clasificarlas en las distintas limitaciones que fueron mencionadas en distintas partes del presente texto.

Cuando se realizó el proceso de campo muchos fueron los inconvenientes por los cuales se pasaron para la obtención de datos con mayor precisión, entre los cuales podríamos mencionar la circulación de los vehículos por la calle de estudio que en muchos casos no dejaban realizar la medición con mucho más cuidado para la obtención de valores aceptables y precisos, ya que se tenía que medir las huellas de circulación del vehículo a la longitud de la calzada y sobre esta longitud se medían intervalos de medio metro es así que al estar muy próximos los puntos de medición eran tapados por las llantas de los vehículos que se paraban por distintas circunstancias (semáforo, mucho tráfico, bajada y subida de pasajeros, etc.) sobre calzada .

Otro factor que se podría mencionar es que al tratarse de una vía urbana es inevitable toparse con los estacionamientos tanto así permitidos como no permitidos (la gente tiene la mala costumbre de estacionar en cualquier lugar incluso sin mantener su derecha para el estacionamiento), ya que esta circunstancia no facilitaba en nada la estación de los equipos utilizados en esta práctica para la medición de los datos del perfil longitudinal de la calle.

Otro inconveniente que se podría mencionar durante el proceso de recolección de datos es el hecho de buscar un lugar característico dentro de la cuadra de la calle en estudio ya que para realizar estos es necesario ponerse en posición directa en el centro de la calzada y en vista hacia el horizonte de la calle para una buena visualización de la parte de la circulación de los vehículos ya que al ponerse en esa posición es muy claro a simple vista estas huellas, cabe resaltar que esta visualización si o si es muy necesario para poder ver claramente por donde marcar la línea para realizar la medición.

Una vez terminado el trabajo de campo se pasa a realizar un proceso de gabinete en el cual se torna algo moroso ya que cada dato tiene que ser tabulado e introducido al programa INPACO, una vez ya en el programa los datos tienen que ser codificados y se tiene que darles rangos a las gráficas, así mismo cuando el programa te da resultados se los debe analizar ya que solo al introducir mal un dato todo puede fallar con un margen de error muy grande.

Con resultados ya tabulados solo queda el análisis de datos dentro de rangos admisibles, los datos que no se encuentran dentro del rango deben ser depurados para que no produzca arrastre de errores desde el principio.

Al realizar la corrección en base a una línea imaginaria basada en la pendiente de la vía, podríamos resaltar que esta corrección no causo mucha variación en los valores por lo tanto esta corrección solo nos ayudó a visualizar que nos que las limitaciones planteadas no causan mucha variación en los avalores del IRI.

Para comprender lo anteriormente dicho se muestran las tablas 4.42 y 4.43 (mira y nivel topográfico y estación toral respectivamente), en donde se puede observar que se procedió a pintar las tablas de distintos colores como muestra la tabla de referencia (tabla 4.40.) en donde cada color indica si el valor aumento, disminuyo o es igual en comparación a la tabla 4.6 y 4.7 que son las tablas de resultados de los valores del IRI generados sin ninguna corrección, haciendo esta comparación observamos que los valores no cambian mucho por lo tanto este tipo corrección solo nos mostró que las limitaciones planteadas causan muy poca variación en los valores del IRI.

Tabla 4.41. Referencias

REFERENCIA	
	Igual en comparación al original
	mayor en comparación al original
	Menor en comparación al original

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.42. Resultados generados por la corrección clasificados según la referencia de la tabla 4.41. (Mira y nivel topográfico)

(a)

N°	CALLES	VALORES DEL IRI (m/km)			
		HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,6344	3,0938	4,1419	3,1505
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,0192	3,2086	3,5317	3,4823
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,2597	3,7118	2,146	3,372
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,7344	4,4919	4,4709	4,6364
5	Calle 15 de Abril entre calle O'connor y calle Junín	1,271	3,3397		
6	Calle Belgrano entre calle O'connor y calle Ejercito	4,4902	3,7048		
7	Calle O'connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	1,6117	1,9837		
8	Calle O'connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,6668	3,0331		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	5,9537	5,3905		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,7892	3,1567		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,3347	2,5297		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,405	2,2888		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,3834	4,372		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,5108	3,8871	2,3988	4,2396
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	3,7702	2,838		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,5385	5,3894		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	1,7231	3,448		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	1,8677	2,0051		
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	2,6198	2,4238		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.42. Resultados generados por la corrección clasificados según la referencia de la tabla 4.41. (Mira y nivel topográfico)

(b)

N°	CALLES	VALORES DEL IRI (m/km)			
		HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	2,775	4,7092		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,6647	2,7827		
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,4987	2,0644		
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	6,5204	5,9011		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,02	7,2888		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,0169	5,8622	6,1526	5,2026
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	11,6216	13,0779	9,5852	16,4108
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,4371	11,2622	11,7489	11,934
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	10,916	8,0874		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.42. Resultados generados por la corrección clasificados según la referencia de la tabla 4.41. (Mira y nivel topográfico)

(c)

N°	CALLES	VALORES DEL IRI (m/km)			
		HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,0837	5,7421		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,7826	2,7911		
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,8809	2,6777	2,6161	4,8384
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,9573	5,8073		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,3742	3,1475		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	3,9093	3,5229		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,6569	4,9791	3,3219	3,3867
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,5616	5,3775		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	6,4217	6,6536		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,7451	2,951		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	5,0613	4,7823		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.43. Resultados generados por la corrección clasificados según la referencia de la tabla 4.41. (Estación total)

(a)

N°	CALLES	VALORES DEL IRI (m/km)			
		HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
1	Calle España entre calle Ciro Trigo y calle Delfín Pino	3,87	3,36	4,07	3,20
2	Calle España entre calle Ciro Trigo y Avenida Las Américas	3,22	3,21	3,45	3,49
3	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Madrid	2,24	3,80	2,17	3,44
4	Avenida La Paz entre calle Ingavi y calle Bolívar	3,61	3,67	4,29	4,73
5	Calle 15 de Abril entre calle O´connor y calle Junín	2,02	3,01		
6	Calle Belgrano entre calle O´connor y calle Ejercito	4,25	3,35		
7	Calle O´connor entre calle Alejandro del Carpio y calle Virginio Lema	2,03	3,20		
8	Calle O´connor entre calle 15 de Abril y calle Madrid	2,50	2,88		
9	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Bolívar	4,60	5,02		
10	Calle Junín entre calle Ingavi y calle Madrid	2,32	3,00		
11	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril derecho)	2,47	2,72		
	Calle Potosí entre calle Santa Cruz y calle Junin (carril izquierdo)	2,23	1,50		
12	Calle Corrado entre calle Suipacha y calle Daniel Campos	4,98	4,74		
13	Calle Cochabamba entre calle Suipacha y calle Méndez	4,28	3,20	2,98	4,17
14	Calle Domingo Paz entre calle Sucre y calle D. Campos	4,12	3,16		
15	Calle Virginio Lema entre calle Suipacha y calle Méndez	4,88	5,75		
16	Calle Virginio Lema entre calle Sucre y calle Gral. Trigo	2,10	4,05		
17	Calle Madrid entre calle Ballivian y calle Juan M. Saracho	2,28	2,39		
18	Calle Madrid entre calle Campero y calle Juan M. Saracho	1,62	2,96		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.43. Resultados generados por la corrección clasificados según la referencia de la tabla 4.41. (Estación total)

(b)

N°	CALLES	VALORES DEL IRI (m/km)			
		HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
19	Calle Colon entre calle 4 de Julio y Av. Circunvalación	3,16	5,01		
20	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril derecho)	2,31	3,04		
	Calle Colon entre calle Aroma y Av. Circunvalación (carril izquierdo)	2,96	2,51		
21	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de subida)	7,23	8,16		
	Calle Domingo Paz entre calle San Juan y calle Ramón Rojas (Carril de bajada)	7,39	6,05		
22	Calle Cochabamba entre calle Sucre y calle D. Campos	6,26	6,13	5,46	5,75
23	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro	12,46	10,11	15,14	11,50
24	Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar	10,44	11,45	11,88	12,21
25	Calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina	11,15	8,84		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.43. Resultados generados por la corrección clasificados según la referencia de la tabla 4.41. (Estación total)

(c)

N°	CALLES	VALORES DEL IRI (m/km)			
		HUELLA 1	HUELLA 2	HUELLA 3	HUELLA 4
26	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	6,79	5,94		
	Av. H. de la Independencia entre Av. Los sauces y calle Los Ceibos (carril de bajada)	3,55	3,26		
27	Avenida José María Avilés entre calle Mario Cossio y Av. Los Sauces	2,59	3,95	2,29	4,22
28	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Federico Ávila)	5,21	5,87		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril izquierdo)	2,60	2,24		
	Intersección entre la calle Federico Ávila y calle Belgrano (calle Belgrano-carril derecho)	4,12	3,23		
29	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle La Paz)	3,49	4,41	2,98	3,77
	Intersección entre la Av. La Paz y calle Bolívar (calle Bolívar)	5,75	5,02		
30	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Junin)	5,70	5,45		
	Intersección entre calle Junín y calle Ingavi (calle Ingavi)	3,03	3,05		
31	Intersección entre calle Madrid y calle Juan Misael Saracho	4,81	4,91		

Fuente: Elaboración propia

Al ver la poca variación de los datos concluimos que el análisis de los resultados solo serán basados en las tablas 4.6 y 4.7 de datos generados primeramente y las tablas de depuraciones.

Una vez ya tabulados todos los resultados podríamos mencionar que las todas las calles en general tienen resultados muy coherentes a excepción de las calles que se encuentran en la numeración del 21 al 25 (ver tabla 4.6. y tabla 4.7.) donde los datos tienen valores muy altos los cuales corresponderían a una categoría de pavimentos malos tanto en la medición con la mira y el nivel topográfico y las estación total.

Con el fin de hacer más demostrativo los datos mostraremos resultados en gráficas de tortas para lo cual mostraremos las referencias en la tabla 4.44. y 4.45., que es la siguiente:

Tabla 4.44. Referencias con relación a la tabla 4.17.

IRI	
RANGO	CATEGORÍA
0 m/km - 3.6 m/km	Bueno
3.6 m/km - 6.4 m/km	Regular
6.4 m/km - 10 m/km	Malo
mayor a 10 m/km	Muy malo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.45. Referencias con relación a la figura 2.6. (Capítulo II)

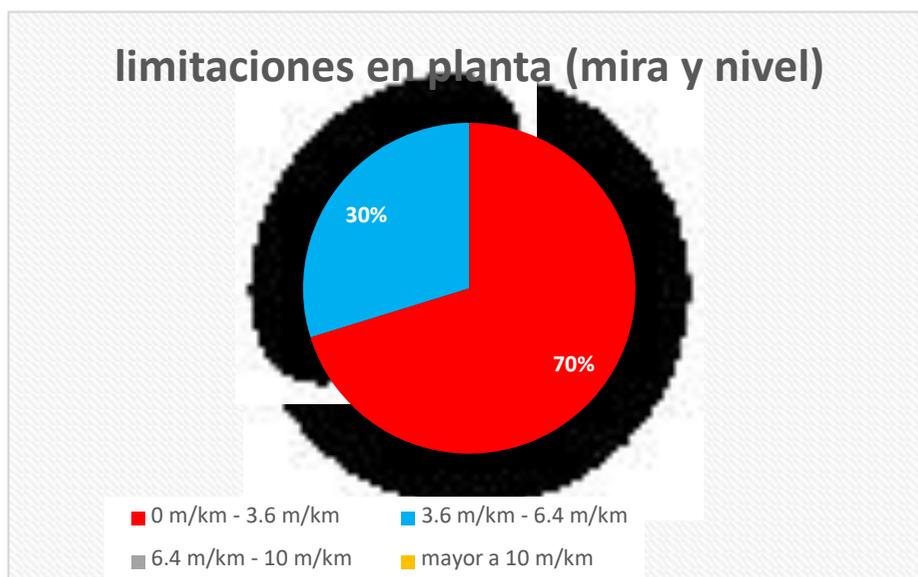
IRI	
RANGO	DESCRIPCIÓN
1.5 m/km - 2.5 m/km	Pavimento nuevo
2.5 m/km - 3.5 m/km	Pavimento nuevo o pavimento viejo
3.5 m/km - 4.0 m/km	Pavimento viejo con imperfecciones superficiales
4.0 m/km - 6.0 m/km	Pavimento viejo o pavimento dañado con depresiones menores frecuentes
6.0 m/km - 11.0 m/km	Pavimento dañado con depresiones menores frecuentes poco profundas y algunas profundas

Fuente: Elaboración propia

Introduciéndose más en el tema cuando hablamos de las calles pertenecientes a las limitaciones en planta mencionamos que la mayoría de estas están dentro de rangos aceptables.

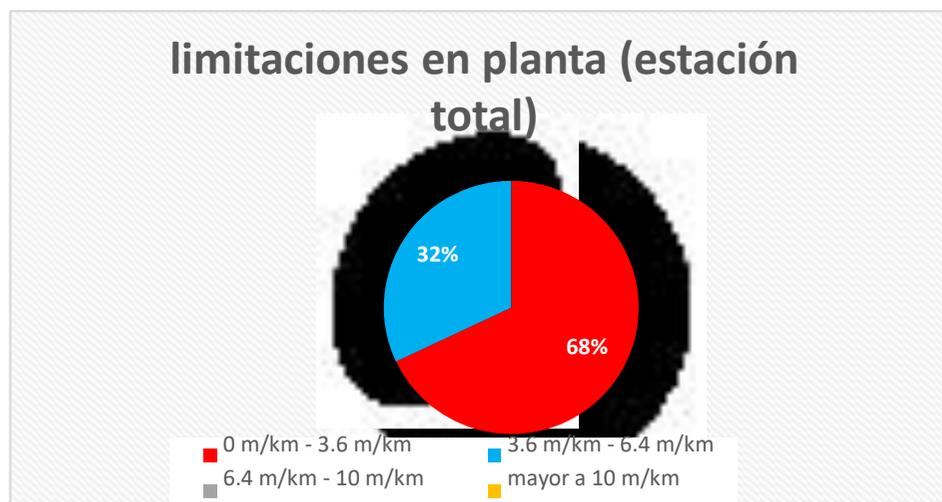
Refiriéndonos a las limitaciones en planta sobre los resultados generados de las lecturaciones del nivel y la mira topográfica podríamos mencionar que aproximadamente un 30 % pertenecerían al rango de pavimentos regulares y un 70 % de los resultados estarían dentro de un rango de pavimentos buenos (ver figura 4.37.), así mismo, los resultados de la estación total serian aproximadamente un 32 % pertenecerían al rango de pavimentos regulares y un 68 % de los resultados estarían dentro de un rango de pavimentos buenos (ver figura 4.38.), cabe mencionar que toda esta clasificación está en base a la tabla 4.17.

Fig. 4.37. Resultados graficados en porcentajes de la mira y nivel topográfico según la tabla 4.17.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.38. Resultados graficados en porcentajes de la estación total según la tabla 4.17.



Fuente: Elaboración propia

De la misma forma que anteriormente se clasifico según una figura se podría clasificar según la figura del banco mundial de los resultados generados de las lecturaciones del nivel y la mira topográfica podríamos mencionar que aproximadamente un 32 % pertenecerían al rango de pavimentos nuevos, un 38 % serian estarían clasificados como pavimentos nuevos o pavimentos viejos, otro 9 % pertenece a pavimentos viejos con imperfecciones superficiales y un 21 % se tratan de pavimentos viejos o dañados con depresiones menores frecuentes (ver figura 4.39.), así mismo, los resultados de la estación total serían aproximadamente un 26 % pertenecerían al rango de pavimentos nuevos, un 42 % estarían clasificados como pavimentos nuevos o pavimentos viejos, otro 6 % pertenece a pavimentos viejos con imperfecciones superficiales y un 26 % se tratan de pavimentos viejos o dañados con depresiones menores frecuentes (ver figura 4.41.), cabe mencionar que toda esta clasificación está en base a la figura 2.6. (Capítulo II).

Fig. 4.39. Resultados graficados en porcentajes de la mira y nivel topográfico según la figura 2.6. (Capítulo II)

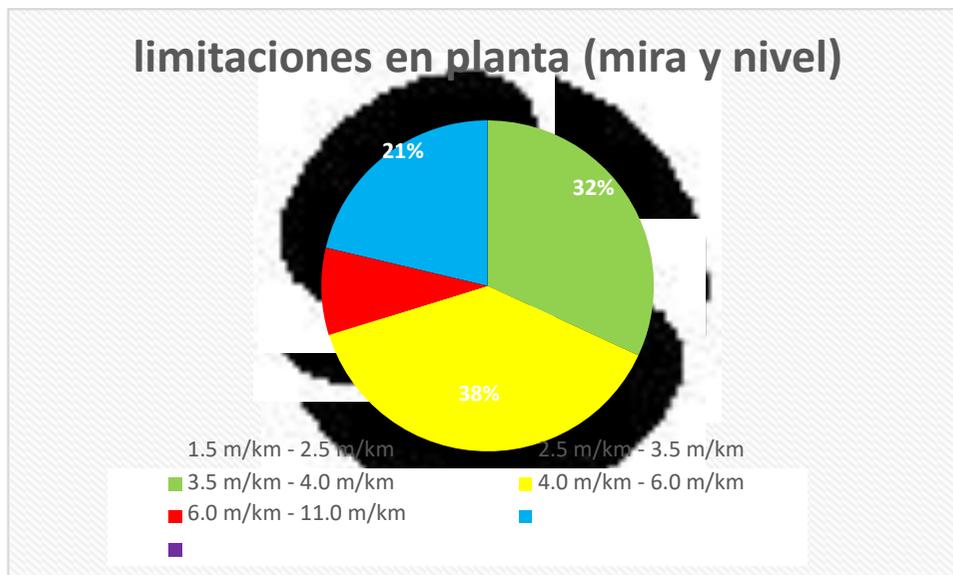
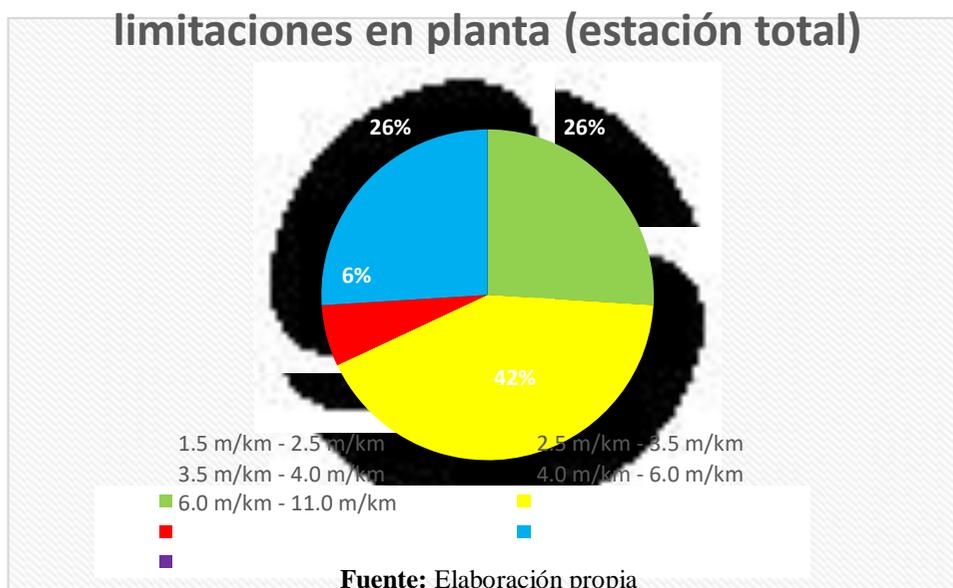
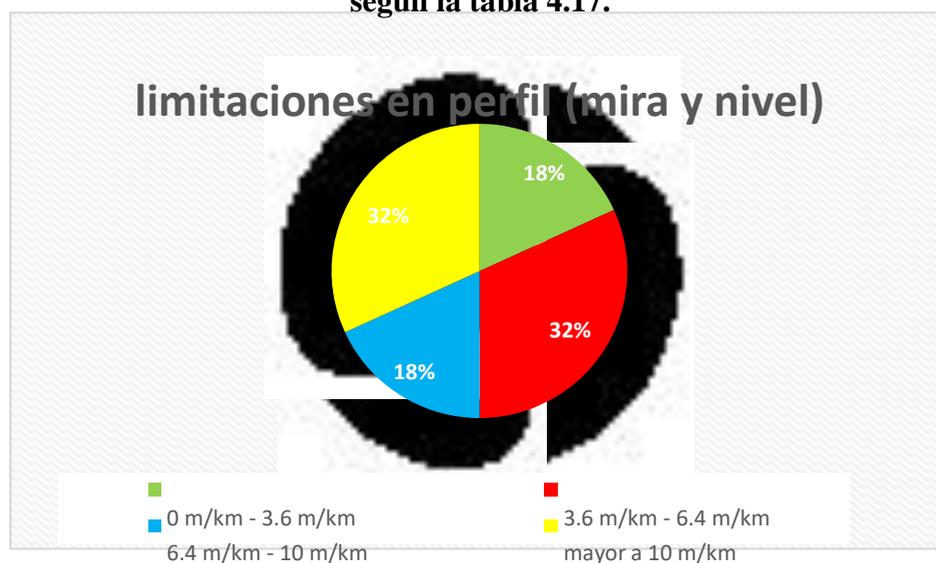


Fig. 4.40. Resultados graficados en porcentajes de la estación total según la figura 2.6. (Capítulo II)



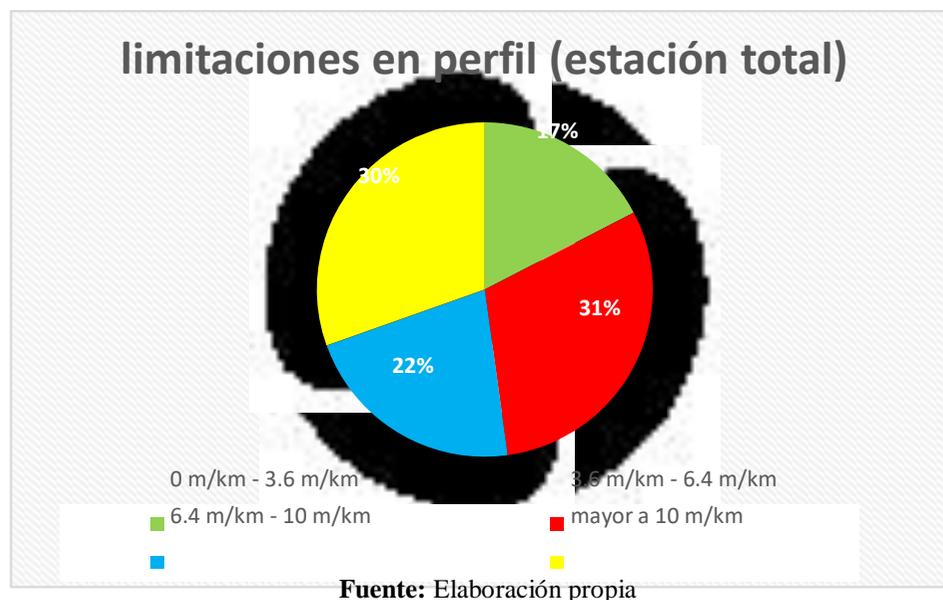
Refiriéndonos a las limitaciones en perfil sobre los resultados generados de las lecturaciones del nivel y la mira topográfica podríamos mencionar que aproximadamente un 32 % pertenecerían al rango de pavimentos regulares, un 18 % de los resultados estarían dentro de un rango de pavimentos buenos, un 18 % estaría en el rango de malo y un 32 % sería muy malo (ver figura 4.41.), así mismo, los resultados de la estación total serían aproximadamente un 31 % pertenecerían al rango de pavimentos regulares, un 22 % de los resultados estarían dentro de un rango de pavimentos buenos, un 17 % estaría en el rango de malo y un 30 % estaría en el rango de muy malo (ver figura 4.42.), cabe mencionar que toda esta clasificación está en base a la tabla 4.17.

Fig. 4.41. Resultados graficados en porcentajes de la mira y nivel topográfico según la tabla 4.17.



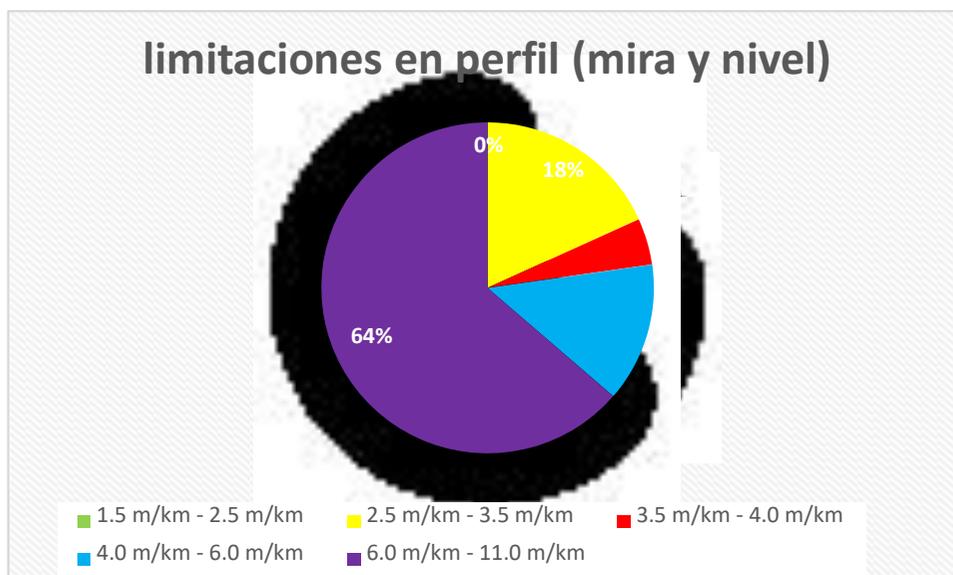
Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.42. Resultados graficados en porcentajes de la mira y nivel topográfico según la tabla 4.17.



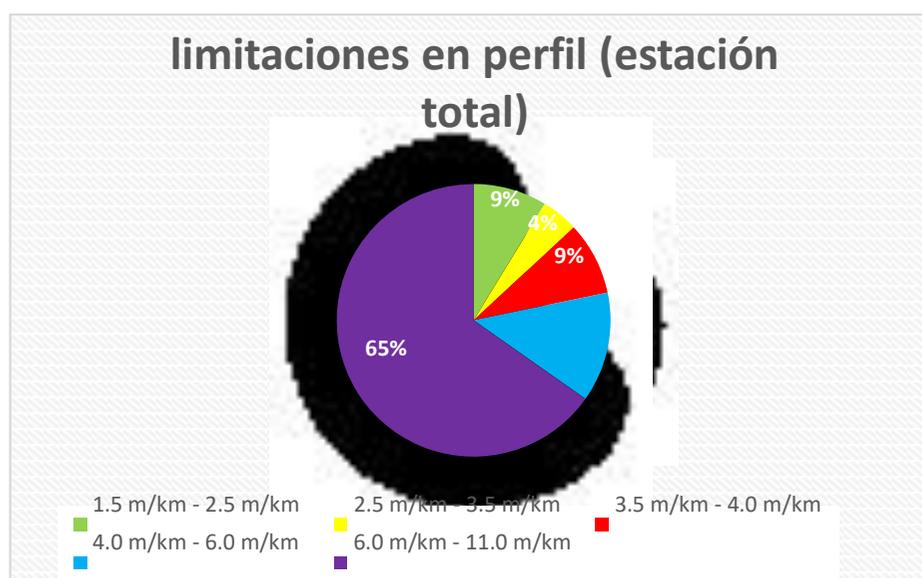
De la misma forma que anteriormente se clasificó según una figura se podría clasificar según la figura del banco mundial de los resultados generados de las lecturaciones del nivel y la mira topográfica podríamos mencionar que aproximadamente un 0 % pertenecerían al rango de pavimentos nuevos, un 18 % estarían clasificados como pavimentos nuevos o pavimentos viejos, otro 4 % pertenece a pavimentos viejos con imperfecciones superficiales, un 14 % se tratan de pavimentos viejos o dañados con depresiones menores frecuentes y un 64 % pertenecen a pavimentos dañados con depresiones menores frecuentes poco profundas y algunas profundas (ver figura 4.43.), así mismo, los resultados de la estación total serian aproximadamente un 9 % pertenecerían al rango de pavimentos nuevos, un 4 % serian estarían clasificados como pavimentos nuevos o pavimentos viejos, otro 9 % pertenece a pavimentos viejos con imperfecciones superficiales, un 14 % se tratan de pavimentos viejos o dañados con depresiones menores frecuentes y un 65 % pertenecen a pavimentos dañados con depresiones menores frecuentes poco profundas y algunas profundas (ver figura 4.44.), cabe mencionar que toda esta clasificación está en base a la figura 2.6. (Capítulo II).

Fig. 4.43. Resultados graficados en porcentajes de la mira y nivel topográfico según la figura 2.6. (Capítulo II)



Fuente: Elaboración propia

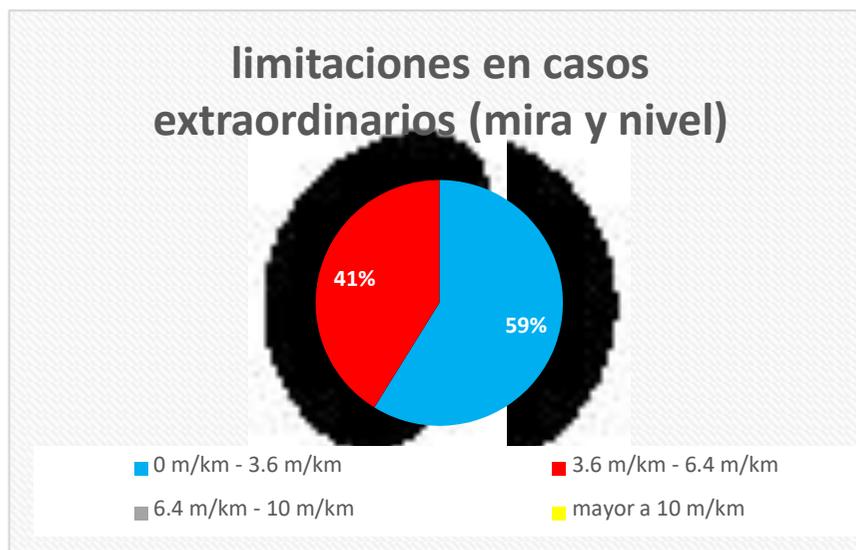
Fig. 4.44. Resultados graficados en porcentajes de la estación total según la figura 2.6. (Capítulo II)



Fuente: Elaboración propia

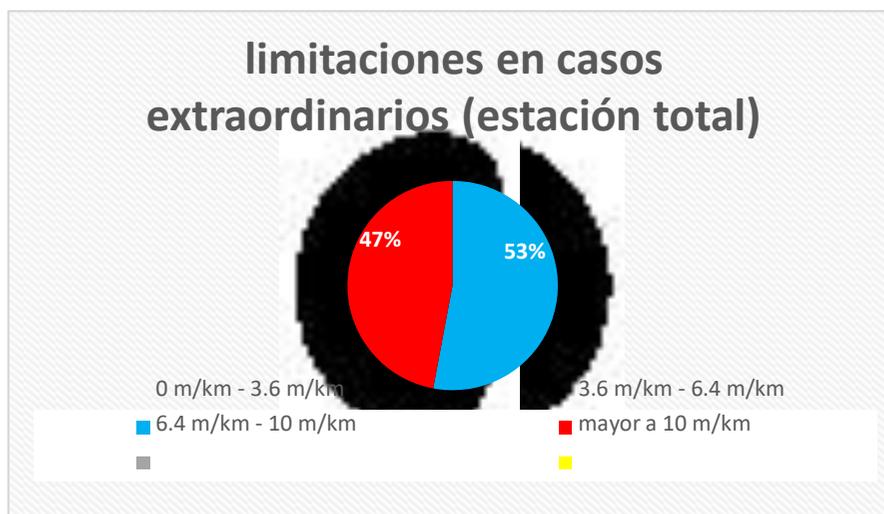
Refiriéndonos a las limitaciones en casos extraordinarios sobre los resultados generados de las lecturaciones del nivel y la mira topográfica podríamos mencionar que aproximadamente un 41 % pertenecerían al rango de pavimentos regulares y un 59 % de los resultados estarían dentro de un rango de pavimentos buenos (ver figura 4.45.), así mismo, los resultados de la estación total serian aproximadamente un 47 % pertenecerían al rango de pavimentos regulares y un 53 % de los resultados estarían dentro de un rango de pavimentos buenos (ver figura 4.46.), cabe mencionar que toda esta clasificación está en base a la tabla 4.17.

Fig. 4.45. Resultados graficados en porcentajes de la mira y nivel topográfico según la tabla 4.17.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.46. Resultados graficados en porcentajes de la estación total según la tabla 4.17.



De la misma forma que anteriormente se clasificó según una figura se podría clasificar según la figura del banco mundial de los resultados generados de las lecturas del nivel y la mira topográfica podríamos mencionar que aproximadamente un 6 % pertenecerían al rango de pavimentos nuevos, un 29 % estarían clasificados como pavimentos nuevos o pavimentos viejos, otro 12 % pertenece a pavimentos viejos con imperfecciones superficiales y un 53 % se tratan de pavimentos viejos o dañados con depresiones menores frecuentes (ver figura 4.47.), así mismo, los resultados de la estación total serían aproximadamente un 6 % pertenecerían al rango de pavimentos nuevos, un 29 % estarían clasificados como pavimentos nuevos o pavimentos viejos, otro 6 % pertenece a pavimentos viejos con imperfecciones superficiales y un 59 % se tratan de pavimentos viejos o dañados con depresiones menores frecuentes (ver figura 4.48.), cabe mencionar que toda esta clasificación está en base a la figura 2.6. (Capítulo II).

Fig. 4.47. Resultados graficados en porcentajes de la mira y nivel topográfico según la figura 2.6. (Capítulo II)

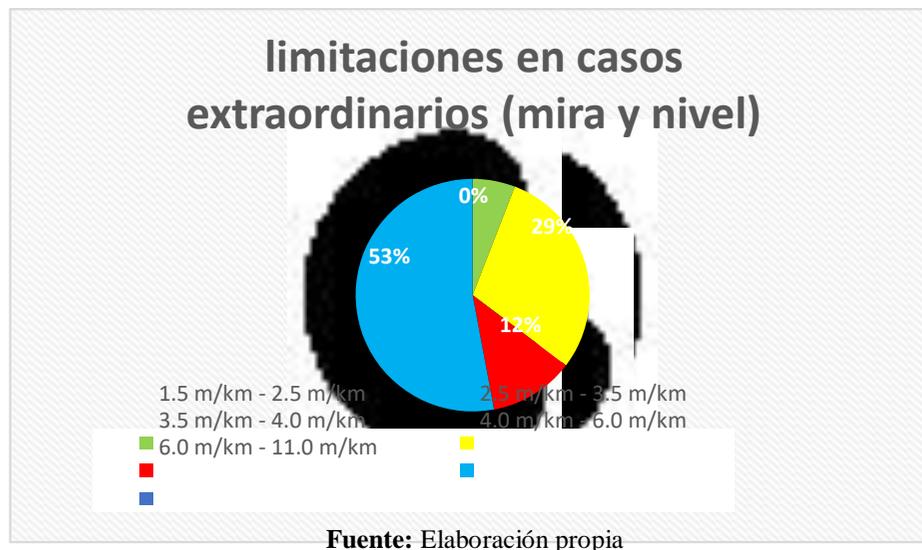
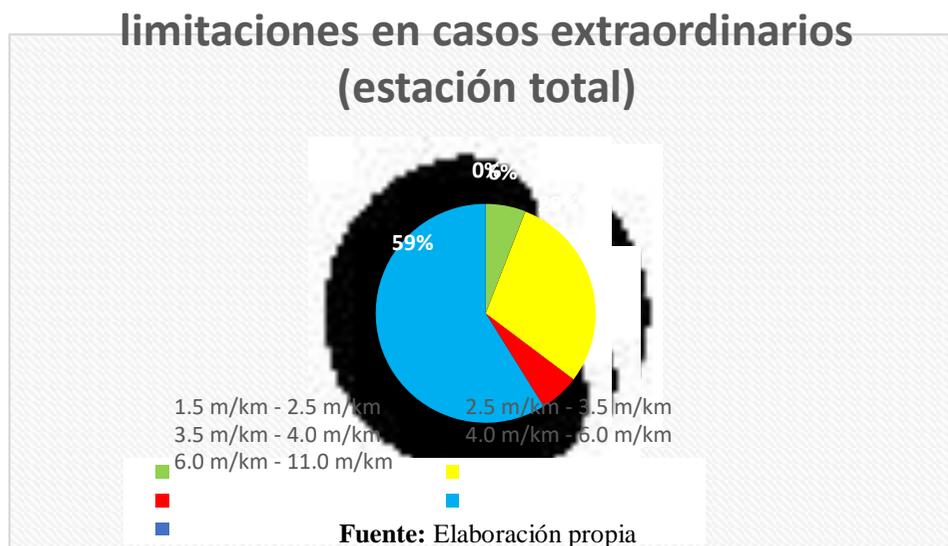


Fig. 4.48. Resultados graficados en porcentajes de la estación total según la figura 2.6. (Capítulo II)



Para un análisis más profundo podríamos realizarlo mediante histogramas como se realizara a continuación:

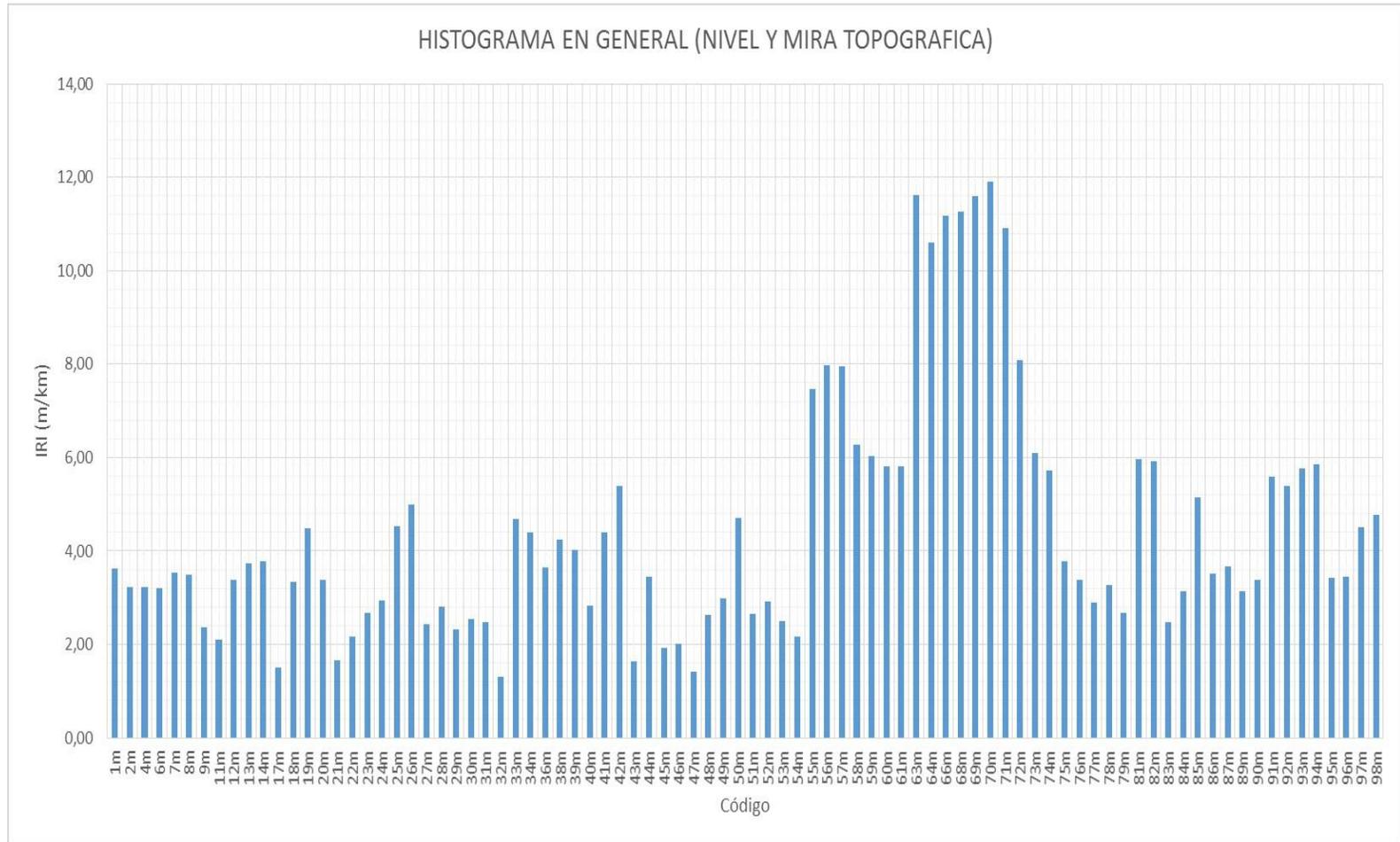
El análisis se lo realizara con las dos graficas tanto de la mira y el nivel topográfico y la estación total, donde se muestran los resultados en un plano más general (tabla 4.46. y tabla 4.47. respectivamente), como se puede observar en el histograma de la figura 4.49. se tiene dos picos muy elevados uno en el punto 70m y 63m, aparte de eso los datos del 55m al 72m son valores muy altos mismos que pertenecen a las limitaciones en perfil, así mismo el histograma de la figura 4.50. se tienen igualmente dos picos elevados uno en el punto 70e y 63e, aparte de eso los datos del 55e al 74e que pertenecen a las limitaciones en perfil, donde estas calles tienen una pendiente mayor al 4%, estos resultados son muy marcados por leves deficiencias poco frecuentes y no tan notorias por el usuario al parecer la mayor ventaja de estas calles es que al encontrarse en pendiente el usuario en la circulación no lo nota, así mismo se observa que hay cinco valores muy pequeños (17m, 21m, 32m, 43m y 47m de la figura 4.49 y 32e de la figura 4.50.), que pertenecen a distintas calles de las limitaciones en planta.

Tabla 4.46. Datos de IRI para generar el histograma de la figura 4.49., correspondiente a la mira y el nivel topográfico

VALORES DEL IRI (m/km)																
N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI		
1	1m	3,63	7	21m	1,65	15	41m	4,39	23	63m	11,63	28	81m	5,96		
	2m	3,23		22m	2,16		42m	5,39		64m	10,61		82m	5,92		
	3m		8	23m	2,67	16	43m	1,63		65m			83m	2,48		
	4m	3,22		24m	2,94		44m	3,45		66m	11,17		84m	3,15		
2	5m		9	25m	4,53	17	45m	1,92	24	67m		29	85m	5,16		
	6m	3,21		26m	5,00		46m	2,01		68m	11,27		86m	3,52		
	7m	3,53	10	27m	2,44	18	47m	1,42		69m	11,59		87m	3,66		
	8m	3,48		28m	2,80		48m	2,63		70m	11,90		88m			
3	9m	2,36	11	29m	2,33	19	49m	2,97	25	71m	10,92	30	89m	3,14		
	10m			30m	2,53		50m	4,71		72m	8,09		90m	3,39		
	11m	2,09		20	31m	2,49	26	51m	2,65	73m	6,10		91m	5,60		
	12m	3,37			32m	1,29		52m	2,91	74m	5,73		92m	5,38		
4	13m	3,74	12	33m	4,68	20	53m	2,49	26	75m	3,78	31	93m	5,76		
	14m	3,78		34m	4,40		54m	2,17		76m	3,37		94m	5,86		
	15m		13	35m		21	55m	7,46		77m	2,89		95m	3,43		
	16m			36m	3,64		56m	7,97		78m	3,26		96m	3,45		
5	17m	1,50	13	37m			21	57m	7,95	27	79m	2,67	97m	4,51		
	18m	3,34		38m	4,24			58m	6,26		80m		98m	4,78		
6	19m	4,49	14	39m	4,02	22	59m	6,03								
	20m	3,37		40m	2,84		60m	5,81								
							61m	5,82								
							62m									

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.49. Histograma general de todos los datos generados por la mira y el nivel topográfico



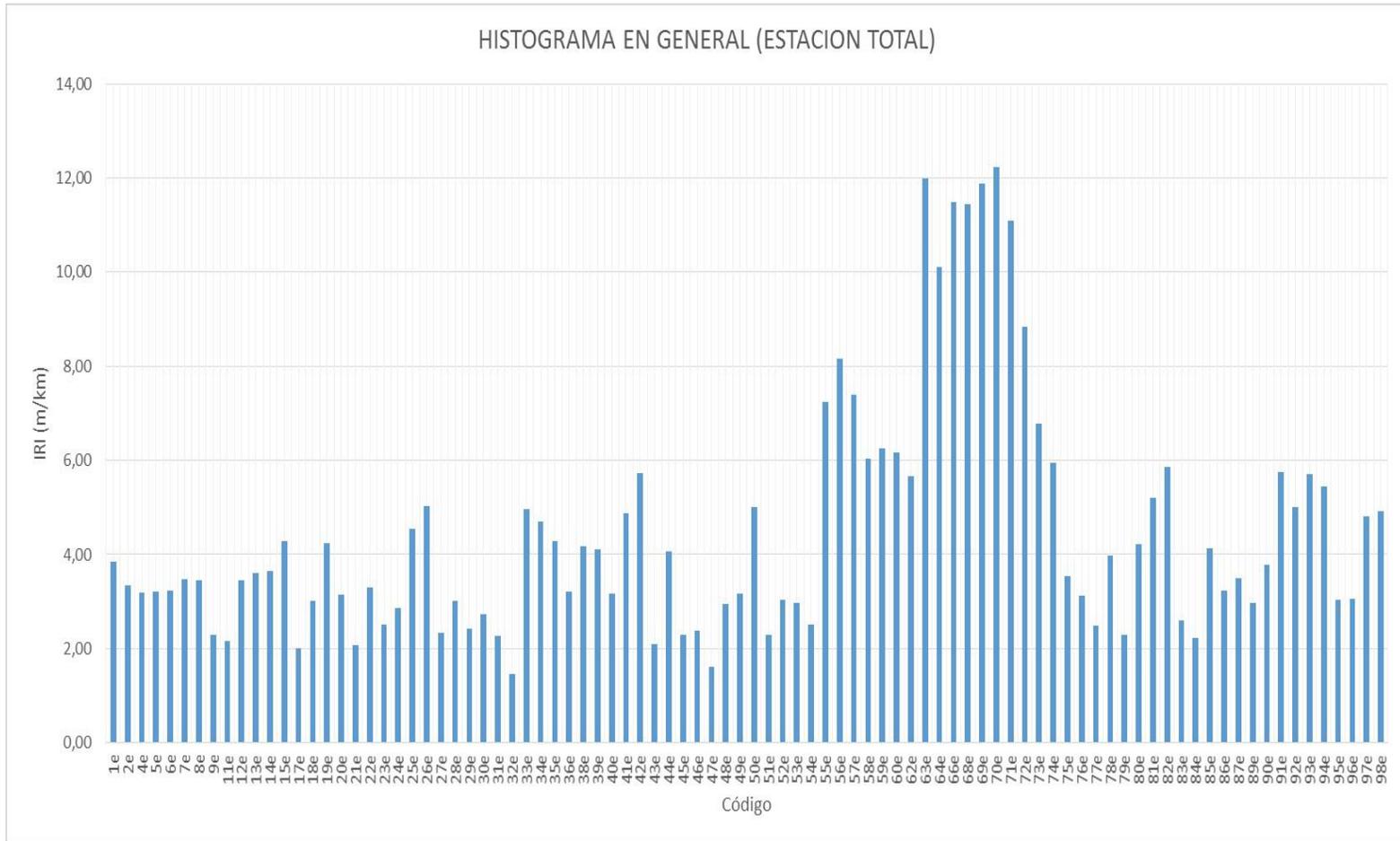
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.47. Datos de IRI para generar el histograma de la figura 4.50., correspondiente a la estación total

VALORES DEL IRI (m/km)																
Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI		
1	1e	3,85	7	21e	2,07	15	41e	4,88	23	63e	11,99	28	81e	5,21		
	2e	3,34		22e	3,29		42e	5,74		64e	10,11		82e	5,87		
	3e		8	23e	2,50	16	43e	2,10		65e			83e	2,60		
	4e	3,19		24e	2,86		44e	4,06		66e	11,48		84e	2,23		
2	5e	3,22	9	25e	4,54	17	45e	2,28	24	67e		29	85e	4,12		
	6e	3,23		26e	5,02		46e	2,39		68e	11,45		86e	3,23		
	7e	3,48	10	27e	2,33	18	47e	1,62		69e	11,88		87e	3,49		
	8e	3,45		28e	3,01		48e	2,96		70e	12,22		88e			
3	9e	2,29	11	29e	2,42	19	49e	3,16	25	71e	11,09	30	89e	2,96		
	10e			30e	2,72		50e	5,01		72e	8,84		90e	3,77		
	11e	2,17		20	31e	2,28	26	51e	2,30	73e	6,79		91e	5,76		
	12e	3,45			32e	1,47		52e	3,05	74e	5,94		92e	5,01		
4	13e	3,61	12	33e	4,95	20	53e	2,96	26	75e	3,54	31	93e	5,70		
	14e	3,65		34e	4,71		54e	2,51		76e	3,12		94e	5,44		
	15e	4,29	13	35e	4,29	21	55e	7,23		77e	2,49		95e	3,03		
	16e			36e	3,21		56e	8,16		78e	3,97		96e	3,05		
5	17e	2,02	13	37e			21	57e	7,38	27	79e	2,29	31	97e	4,81	
	18e	3,01		38e	4,17			58e	6,04		80e	4,21		98e	4,91	
6	19e	4,25	14	39e	4,12	22	59e	6,26								
	20e	3,14		40e	3,17		60e	6,18								
							61e									
							62e	5,66								

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.50. Histograma general de todos los datos generados por la estación total



Fuente: Elaboración propia

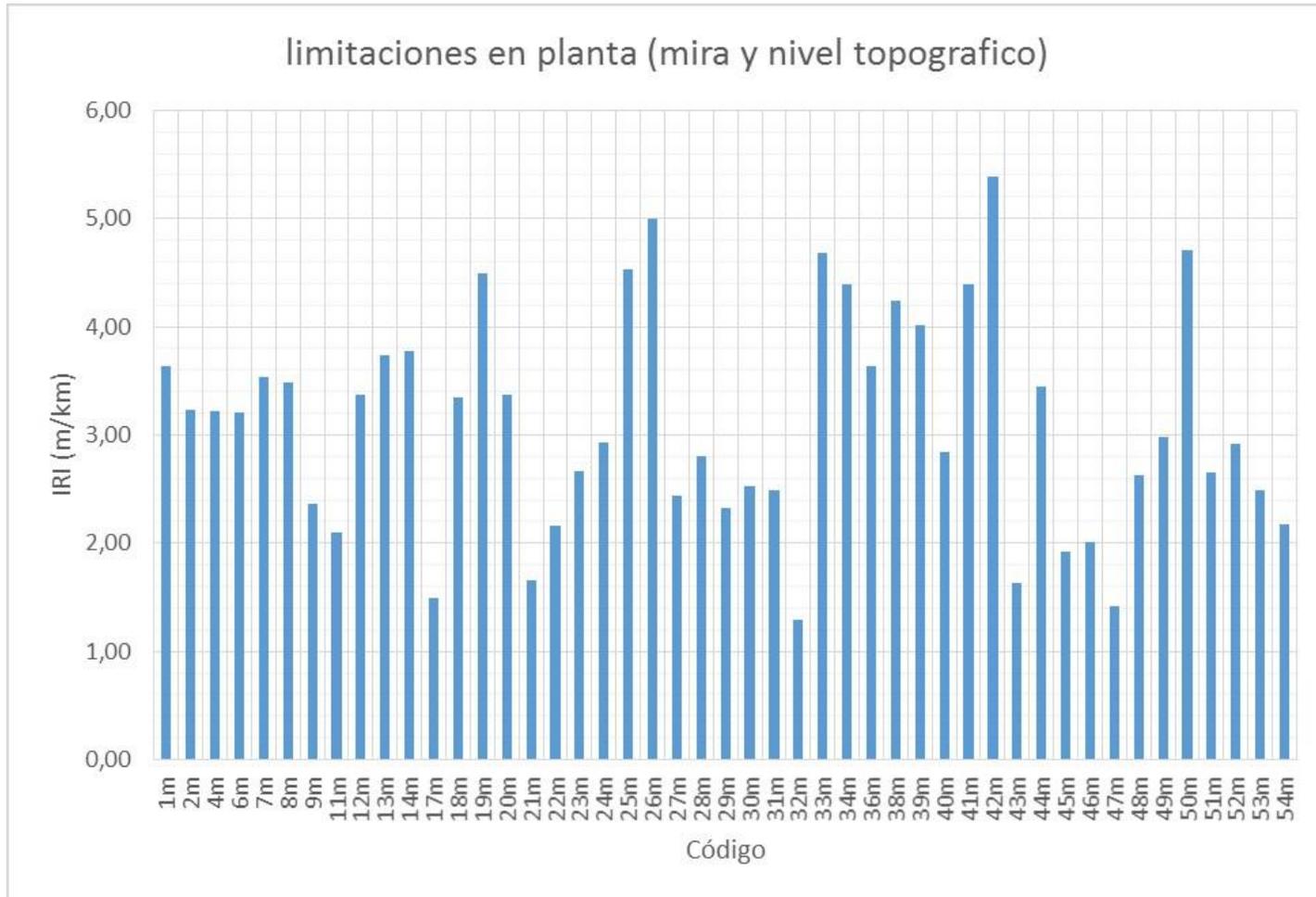
En las limitaciones en planta podemos observar que todos los datos están dentro de los rangos admisibles donde se permite la transitabilidad de la vía y buen confort para el usuario, pero mencionando que hay datos muy bajos según la figura 2.6. (Capítulo II) en donde los rangos menores a 1,5 m/km pertenecerían a aeropuertos, carreteras y autopistas, y como tenemos valores en la 32m=1.29 m/km y 47m= 1.42 m/km de la figura 4.51. y 32e de la figura 4.52., por lo tanto las calles de estudio pertenecerían a vías urbanas que no estarían dentro del rango, pero cabe resaltar que estas vías no tienen mucho tiempo de lo que fueron arregladas y vueltas a asfaltar.

Tabla 4.48. Datos de IRI para generar el histograma de limitaciones en planta de la figura 4.51., correspondiente a la mira y el nivel topográfico

LIMITACIONES EN PLANTA															
VALORES DEL IRI (m/km)															
Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	
1	1m	3,63	4	13m	3,74	9	25m	4,53	13	35m		17	45m	1,92	
	2m	3,23		14m	3,78		26m	5,00		36m	3,64		46m	2,01	
	3m			15m		10	27m	2,44		37m		18	47m	1,42	
	4m	3,22		16m			28m	2,80		38m	4,24		48m	2,63	
2	5m		5	17m	1,50	11	29m	2,33	14	39m	4,02	19	49m	2,97	
	6m	3,21		18m	3,34		30m	2,53		40m	2,84		50m	4,71	
	7m	3,53	6	19m	4,49		12	31m	2,49	15	41m	4,39	20	51m	2,65
	8m	3,48		20m	3,37			32m	1,29		42m	5,39		52m	2,91
3	9m	2,36	7	21m	1,65	33m		4,68	16		43m	1,63		53m	2,49
	10m			22m	2,16			34m			4,40	44m			3,45
	11m	2,09	8	23m	2,67										
	12m	3,37		24m	2,94										

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.51. Histograma de las limitaciones en planta de los datos generados por la mira y el nivel topográfico



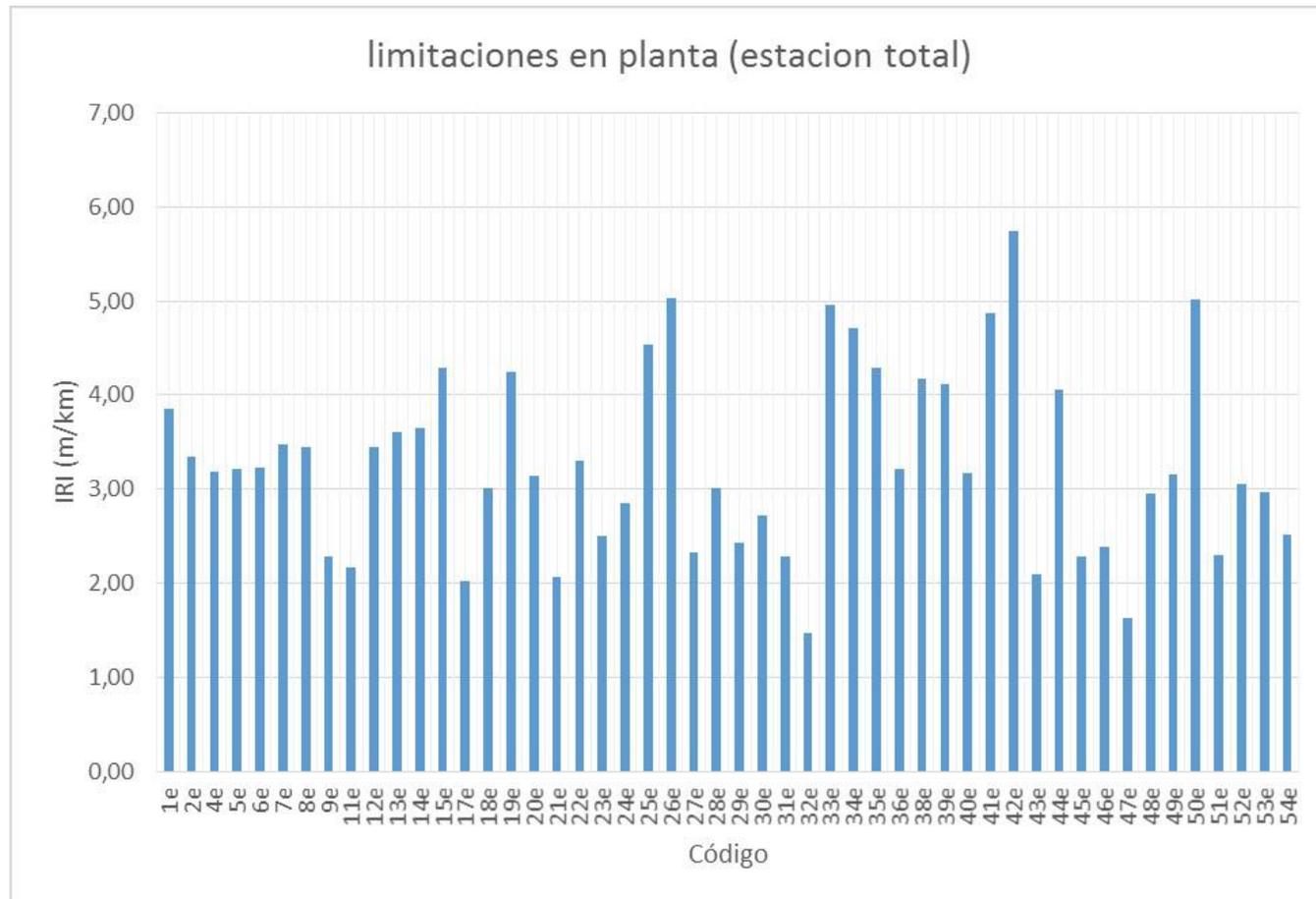
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.49. Datos de IRI para generar el histograma de limitaciones en planta de la figura 4.52., correspondiente a la estación total

LIMITACIONES EN PLANTA															
VALORES DEL IRI (m/km)															
Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	
1	1e	3,85	4	13e	3,61	9	25e	4,54	13	35e	4,29	17	45e	2,28	
	2e	3,34		14e	3,65		26e	5,02		36e	3,21		46e	2,39	
	3e			15e	4,29	10	27e	2,33		37e		18	47e	1,62	
	4e	3,19		16e			28e	3,01		38e	4,17		48e	2,96	
2	5e	3,22	5	17e	2,02	11	29e	2,42	14	39e	4,12	19	49e	3,16	
	6e	3,23		18e	3,01		30e	2,72		40e	3,17		50e	5,01	
	7e	3,48	6	19e	4,25		15	31e	2,28	41e	4,88	20	51e	2,30	
	8e	3,45		20e	3,14			32e	1,47	42e	5,74		52e	3,05	
3	9e	2,29	7	21e	2,07	12	33e	4,95	16	43e	2,10		20	53e	2,96
	10e			22e	3,29		34e	4,71		44e	4,06			54e	2,51
	11e	2,17	8	23e	2,50										
	12e	3,45		24e	2,86										

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.52. Histograma de las limitaciones en planta de los datos generados por la estación total



Fuente: Elaboración propia

En las limitaciones en perfil podemos observar que una parte de los resultados no se encuentran dentro de los rangos admisibles ya que si observamos la figura 4.28., esta grafica nos muestra que resultados mayores a 8 m/km son intransitables con varias depresiones considerables, pero al tratarse de que la mayoría de los datos están por debajo de 8 m/km y que al tener pendientes mayores al 4 % estas depresiones no son notorias a simple vista, pero aun así esa minoría de datos que tienen valores mayores a 8 m/km serían los puntos 63m al 71m (datos de la mira y nivel topográfico; ver tabla 4.50. y figura 4.53.), que pertenecen a la Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle Flor de Oro, Avenida La Paz entre Av. Circunvalación y calle El Palmar y la calle Enrique Pantoja entre calle Comercio y Av. Froilán Tejerina, en donde efectivamente las calles mencionadas se encontraban en condiciones muy malas y no aptas para la circunvalación vehicular y con una muy clara apreciación del usuario sobre el estado de la vía al circular por esa calle, así mismo al realizar la toma de muestras en estas calles con la estación total obtenemos los mismos resultados en este caso serían los puntos 63e al 72e (ver tabla 4.51. y figura 4.54.) que confirmarían el gran deterioro de estas vías.

Tabla 4.50. Datos de IRI para generar el histograma de limitaciones en perfil de la figura 4.53., correspondiente a la mira y nivel topográfico

LIMITACIONES EN PERFIL											
VALORES DEL IRI (m/km)											
N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI
21	55m	7,46	23	63m	11,63	25	71m	10,92	27	77m	2,89
	56m	7,97		64m	10,61		72m	8,09		78m	3,26
	57m	7,95		65m		26	73m	6,10		79m	2,67
	58m	6,26		66m	11,17		74m	5,73		80m	
22	59m	6,03	24	67m		75m	3,78				
	60m	5,81		68m	11,27	76m	3,37				
	61m	5,82		69m	11,59						
	62m			70m	11,90						

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.53. Histograma de las limitaciones en perfil de los datos generados por la mira y el nivel topográfico



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.51. Datos de IRI para generar el histograma de limitaciones en perfil de la figura 4.54., correspondiente a la estación total

LIMITACIONES EN PERFIL											
VALORES DEL IRI (m/km)											
N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI	N°	CÓDIGO	IRI
21	55e	7,23	23	63e	11,99	25	71e	11,09	27	77e	2,49
	56e	8,16		64e	10,11		72e	8,84		78e	3,97
	57e	7,38		65e		26	73e	6,79		79e	2,29
	58e	6,04		66e	11,48		74e	5,94		80e	4,21
22	59e	6,26	24	67e		75e	3,54				
	60e	6,18		68e	11,45	76e	3,12				
	61e			69e	11,88						
	62e	5,66		70e	12,22						

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.54. Histograma de las limitaciones en perfil de los datos generados por la estación total



Fuente: Elaboración propia

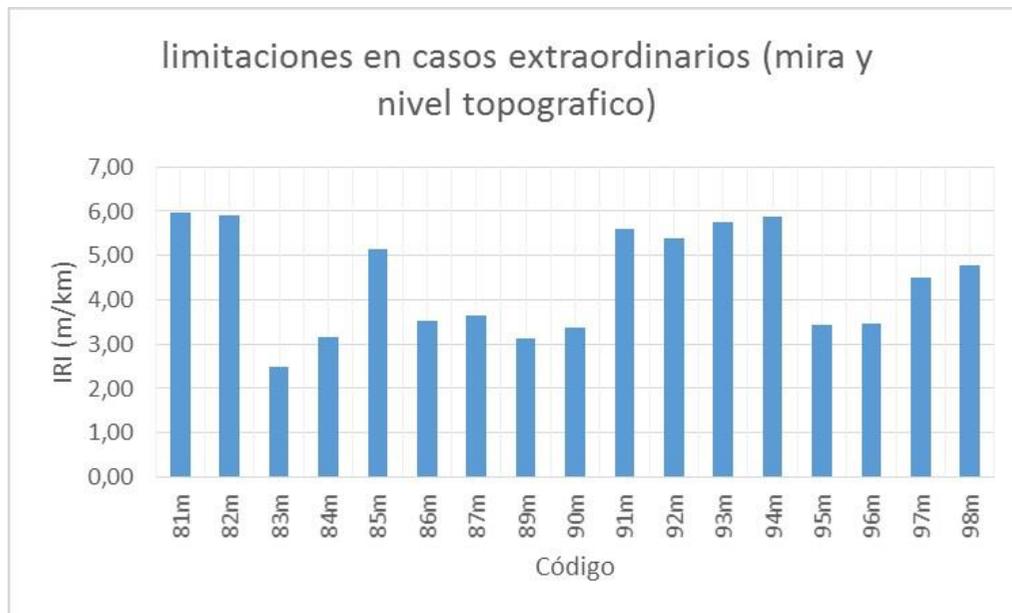
En las limitaciones en casos extraordinarios podemos observar que todos los datos están dentro de los rangos admisibles donde se permite la transitabilidad de la vía y buen confort para el usuario, pero no es demás resaltar que hay datos que se elevan repentinamente como ser los puntos 81m, 82m, 91m, 92m, 93m y 94m (resultados de mira y nivel topográfico ver tabla 4.52. y figura 4.55), los valores altos de estos puntos se deben a que se tratan de las calles secundarias cuando ingresan a la calle principal ya que esta depresión es muy notoria a la entrada y salida a la calle principal, en otras palabras esta depresión es notoria en los empalmes entre las calles a intersectarse. De la misma manera cuando se realizó el levantamiento de datos con la estación total podemos confirmar esta misma singularidad en estas calles que serán los puntos 81e, 82e, 91e, 92e, 93e y 94e (ver tabla 4.53. y figura 4.56.).

Tabla 4.52. Datos de IRI para generar el histograma de limitaciones en casos extraordinarios de la figura 4.55., correspondiente a la mira y nivel topográfico

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS								
VALORES DEL IRI (m/km)								
Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI
28	81m	5,96	29	87m	3,66	30	93m	5,76
	82m	5,92		88m			94m	5,86
	83m	2,48		89m	3,14		95m	3,43
	84m	3,15		90m	3,39		96m	3,45
	85m	5,16		91m	5,60	31	97m	4,51
	86m	3,52		92m	5,38		98m	4,78

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.55. Histograma de las limitaciones en casos extraordinarios de los datos generados por la mira y el nivel topográfico



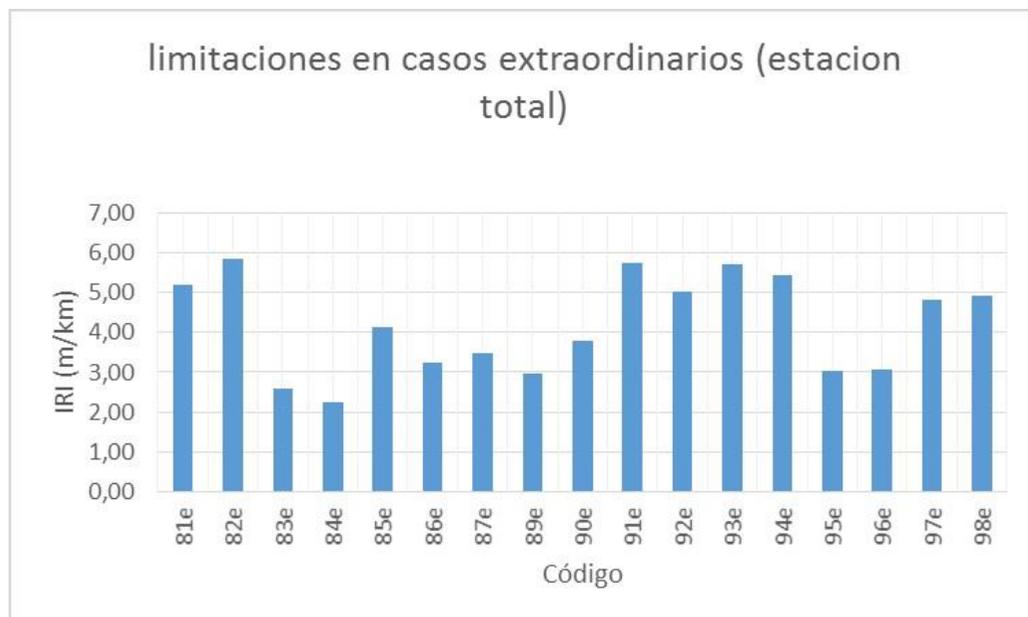
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.53. Datos de IRI para generar el histograma de limitaciones en casos extraordinarios de la figura 4.56., correspondiente a la estación total

LIMITACIONES EN CASOS EXTRAORDINARIOS								
VALORES DEL IRI (m/km)								
Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI	Nº	CÓDIGO	IRI
28	81e	5,21	29	87e	3,49	30	93e	5,70
	82e	5,87		88e			94e	5,44
	83e	2,60		89e	2,96		95e	3,03
	84e	2,23		90e	3,77	31	96e	3,05
	85e	4,12		91e	5,76		97e	4,81
	86e	3,23		92e	5,01		98e	4,91

Fuente: Elaboración propia

Fig. 4.56. Histograma de las limitaciones en casos extraordinarios de los datos generados por la estación total



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Por los resultados obtenidos llegamos a observar que las limitaciones planteadas no influyen en la evaluación del IRI, ya que los primeros resultados generados obtenemos un buen porcentaje de valores que se encuentran en buen estado (entre bueno y regular en realidad estaríamos hablando de pavimentos nuevos con imperfecciones superficiales) y que una minoría pertenecería a pavimentos en mal estado (depressiones frecuentes poco profundas y algunas profundas), estas calles serían los que tienen pendientes mayores al 4%, igualmente los segundos resultados generados por las correcciones nos arrojan valores parecidos tanto en limitaciones en planta, perfil y casos extraordinarios, confirmando que las limitaciones no influenciaron ni cambiaron los resultados del IRI.
- Refiriéndonos sobre todo a las limitaciones en planta concluimos que los primeros valores obtenidos fueron tomados como resultados finales para realizar la evaluación, ya que no sufrieron variación alguna con las correcciones planteadas, se depuraron siete valores de la figura 4.20 (mira y nivel topográfico) y 4 valores de la figura 4.22 (estación total), ya que estos valores eran muy pequeños.
- Además en las limitaciones en planta se hizo depuraciones instantáneas debido a que los valores eran menores al 2 m/km estos valores pertenecerían a aeropuertos, carreteras y autopistas lo cual no se está estudiando.
- En cuanto a las limitaciones en perfil podríamos mencionar que solo hay dos avenidas (Av. Héroe de la Independencia y la Av. José María Avilés) que tuvieron valores aceptables para la evaluación, las demás calles obtuvieron valores altos de IRI, que llegarían a estar en el rango de pavimentos malo e intransitables, los cuales a simple inspección visual no es así, claro que tampoco se encuentran en condiciones muy aceptables, pero de esa manera

llegamos a concluir de que están influenciados por otras variables que deberían ser analizadas para que los valores del IRI sean menores.

- Las limitaciones en casos extraordinarios obtuvieron valores razonables tanto en los primeros resultados como en las correcciones, cabe resaltar que las pendientes bruscas que se presentaron en la entrada y salida de las intersecciones no causaron mucha elevación en los valores obtenidos del IRI.
- El análisis de la evaluación de pavimentos se realizó con éxito, ya que la mayoría de los valores son aceptables, por lo tanto la aplicabilidad de la metodología es aceptable debido a que los valores obtenidos con la mira y el nivel topográfico se asemejan a los valores obtenidos con la estación total.
- La metodología planteada no dio resultados satisfactorios teniendo en cuenta que esta metodología tiene la particularidad de siempre hacer una visualización de las huellas que serán lecturadas con el equipo de medición, en el mejor de los casos los equipos tienen que ser de alto rendimiento.
- Los valores del IRI fueron obtenidos por el programa computarizado que es el INPACO en el cual los únicos datos a introducir en el programa son las distancias entre los puntos de medición, la longitud de total a medirse y los desniveles, este programa toma en cuenta solo los desniveles que es lo necesario para la realización de la evaluación de pavimentos.

5.2. Recomendaciones

- Para realizar una evaluación superficial es necesario interiorizarse en el tema y adquirir más conocimientos que amplíen la visión de este estudio para una más rápida y precisa realización de la misma, sin inconvenientes que vayan a demorar la realización de la práctica.
- Al momento de ir a realizar las mediciones se debe llevar artículos de seguridad, mínimamente casco y chaleco fluorescente, así mismo asegurarse de contar con todo el equipo, material de trabajo y personal antes de realizar la práctica con el fin de evitar contratiempos que puedan influir en el aspecto económico y en la seguridad personal.

- También para la obtención de datos y mediciones precisas es muy importante contar con el equipo adecuado en buenas condiciones, el material necesario y el personal requerido, el cual debe tener un conocimiento mínimo de las metodologías a utilizar en la obtención de datos.
- Es necesario que la gente sea más consciente de la seguridad vial y las leyes de tránsito.
- Al realizar la práctica se pudo observar como los conductores no respetan las vías tanto para circulación como la paradas, lo que produce la falta d educación vial.