

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL CÁLCULO Y APROXIMACIÓN DEL EQUIVALENTE DE CARGA DE EJES SIMPLES (ESAL) EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS EN VÍAS URBANAS

1. INTRODUCCIÓN

1.1.GENERALIDADES

A través de los tiempos, el diseño de pavimentos en vías urbanas ha sido objeto de estudios cuyas variables se han basado, en todos los casos, en aproximaciones, así como es el **“Equivalente de Carga de Ejes Simples” (ESAL) que viene a ser una variable importante para el cálculo de estructuras de pavimentos rígidos y/o flexibles, donde se aproximará dicho valor para vías urbanas.**

Existe una diferencia del cálculo entre el ESAL para una carretera y el ESAL para una vía urbana. Para la primera, existen garitas de control o de peaje donde es posible pesar los vehículos, mientras que en una vía urbana es muy complicado el cálculo del ESAL porque en ella es imposible pesar los camiones que transitan, calcular sus ejes equivalentes y peor aún, calcular el ESAL anual para el diseño de la estructura de un pavimento. Estas tareas son muy complicadas, debido a que sería imposible detener el gran volumen de vehículos que circulan para determinar estos valores.

Las vías urbanas tienen características específicas de circulación que las diferencian de los tramos fuera de poblado. Estas características, que influyen notablemente en la concepción y realización de los estudios de tráfico urbano, son las siguientes:

- El tráfico que circula está muy relacionado con el tipo e intensidad de los usos urbanos ubicados en los márgenes de la vía.

En las carreteras fuera de poblado, la intensidad de los vehículos de paso suele ser el factor principal para su dimensionamiento y evaluación del impacto. En las áreas urbanas, la intensidad del tráfico generado por los usos colindantes obliga a considerar la carretera, no como un canal de paso sin relación

funcional con su entorno, sino como el eje alrededor del cual se articulan complejas relaciones entre los distintos usos urbanos.

Como consecuencia el estudio de tráfico obliga a analizar, más detalladamente que en el caso de las carreteras fuera de poblado, las relaciones entre usos del suelo y la movilidad que generan.

- La segunda característica se refiere al tipo de tráfico que circula por una carretera urbana. La circulación del tráfico urbano es distinta de la del tráfico interurbano. Las velocidades de recorrido son inferiores, los movimientos pueden no ser continuos al existir intersecciones, las intensidades suelen ser superiores a los tramos fuera de poblado y las entradas y salidas al tronco de la carretera son más numerosas.

Estas características dan lugar a dimensionamientos estrictos de la vía en los que se valora, por ejemplo, su adecuación a las fuertes intensidades de tráfico más que a las velocidades altas.

- En tercer lugar, los movimientos urbanos son muy sensibles a la existencia de caminos alternativos. Al contrario que fuera de poblado, donde la selección de itinerarios entre carreteras de características similares con trazados paralelos no suele ser común, la existencia de itinerarios paralelos en los tramos urbanos y las características extremas de circulación (congestión y aumentos de los tiempos de viaje) pueden derivar gran parte del tráfico previsto por otra vía que no esté preparada para ello.
- Por último el tráfico que circula por los tramos urbanos puede tener una fuerte composición de autobuses y obligar a un diseño viario que introduzca carriles especiales de circulación.

Además es de importancia mencionar que el pavimento es la capa superficial de un firme. Esta capa alberga todas las características de textura, color, permeabilidad, desgaste, etc. Exigidas para una adecuada circulación de vehículos y la reducción de ciertos impactos ambientales.

Existen diferencias entre los pavimentos de carreteras fuera de poblado y los pavimentos del viario urbano. En el primer caso, junto a las exigencias impuestas por la rodadura de vehículos, el mayor impacto puede provenir del aspecto de las grandes superficies pavimentadas. En los tramos urbanos, los pavimentos en calzadas tienen otras particularidades, para lo cual es necesario saber el ESAL para vías urbanas para un mejor diseño.

En el diseño de vías urbanas, uno de los datos fundamentales es el volumen vehicular que circula durante las 24 horas del día o por lo menos en “horas punta”. Para lograr obtener el valor aproximado del ESAL, es necesario aplicar diferentes conceptos que intervienen en la definición del tráfico, como son: días y horas de congestionamiento, pesos de los ejes vehiculares, valores que servirán para el cálculo de aproximación de la Sumatoria de Ejes equivalentes Standard que pasan por una vía urbana en un periodo de diseño.

1.2.JUSTIFICACIÓN

Este estudio: “determinación del factor de corrección para el cálculo y aproximación del equivalente de carga de ejes simples (ESAL) en el diseño de pavimentos en vías urbanas” quiere establecer el análisis en el diseño estructural de un pavimento cuanta importancia es la determinación del ESAL, por lo siguiente:

El tránsito es la variable más importante en el diseño de pavimentos, sin embargo en el departamento de Tarija no se le otorga mucha importancia que realmente tiene, así como la recolección y procesamiento de la información de tránsito para el diseño de pavimentos en vías urbanas, por lo cual con este proyecto se quiere profundizar en los estudios de esta variable para cada diseño particular.

Normalmente el ingeniero proyectista de pavimentos recibe la información de tránsito que ha sido obtenida y procesada por especialistas consultores en esta área de la ingeniería; sin embargo, su responsabilidad es la de procesar adecuadamente tal información y muchas veces, realizar mediciones en el sitio, con el fin de ajustar o verificar la información recibida.

Debido a la importancia de este tema, se considera que en cualquier diseño de pavimentos debe realizarse un detallado estudio al factor de corrección para la aproximación del ESAL, con el fin de que esta variable de diseño, tan importante sea la más ajustada a las expectativas futuras de la facilidad vial.

No existe en Tarija un control de cargas eficiente en vías urbanas, y por ello estas disposiciones son violadas constantemente, lo que ha traído como consecuencia el deterioro prematuro y en otros casos sobredimensionamientos de las vías urbanas, causando pérdidas apreciables al patrimonio departamental.

Debido al desarrollo de las urbanizaciones en el departamento de Tarija, la necesidad de perfeccionar algunas soluciones de diseño estructural en uso y de incorporar otras, y la carencia de normativas específicas vigentes que establezcan los diferentes criterios del diseño estructural de pavimentos en vías urbanas, se debe trabajar e investigar en esta dirección para obtener un factor de corrección para el cálculo y aproximación del ESAL que se ajusten a las condiciones del departamento de Tarija.

Es también importante aclarar que las vías urbanas son uno de los factores más importantes que inciden en el desarrollo de un país, lo mismo en nuestro departamento juegan un rol importante ya que posibilitan la articulación intersectorial, y debido que el desarrollo creciente del transporte en Tarija ha influido de forma directa en la complejidad del tránsito actual, determinada fundamentalmente por el incremento notable de vehículos pesados y ligeros, a lo que se le suma la insuficiencia estructural de la red vial existente, por lo cual será importante determinar un factor de corrección para el cálculo y aproximación del equivalente de carga de ejes simples para realizar y contribuya al logro de buenos diseños de la estructura de pavimentos sobre vías urbanas del departamento de Tarija.

Además con este estudio se pretende aportar con un documento de consulta, debido a que los tráficos urbanos no son homogéneos. La red viaria urbana recoge movimientos exteriores y circulaciones estrictamente urbanas. Tanto unos como otros tienen necesidades de movilidad distintas.

1.3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

El problema para la determinación del factor de corrección para la aproximación y cálculo del ESAL en el diseño de pavimentos sobre vías urbanas, se debe en que en estas se pudo observar que no existe ninguna Unidad de Peaje para su control y pesado de vehículos, porque en vías urbanas es imposible pesar los camiones que transitan, calcular sus ejes equivalentes y peor aún, calcular el ESAL anual para el diseño de la estructura de un pavimento. El problema radica que estas tareas son muy complicadas, debido a que sería imposible detener el gran volumen de vehículos que circulan para determinar estos valores.

Y debido a un análisis durante el proceso de implementación de programas para el mejoramiento y modernización de la infraestructura vial, se ha observado que muchos proyectos se encuentran diseñados con estándares inapropiados y a veces inconsistentes, lo que a menudo da como resultado vías ineficientes y peligrosas y en otras con sobredimensionamientos debido a un mal uso del ESAL, y que en nuestro país, la información de tránsito no está disponible, o no puede ser actualizada fácilmente. El Ingeniero siempre podrá realizar conteos clasificados, aun cuando sea por el método visual, pero si no dispone de balanzas evidentemente no podrá pesar los vehículos. Esta situación es muy común en nuestro país. Esta situación puede presentarse, por otra parte, cuando se requiere una Estimación rápida del número de cargas equivalentes aproximadas, para realizar la determinación de los espesores de un pavimento a los fines de anteproyecto, o de decisiones administrativas de programación de inversiones anuales.

1.3.2. PROBLEMA

En vías urbanas es imposible pesar los camiones que transitan, calcular sus ejes equivalentes y peor aún, calcular el ESAL anual para el diseño de la estructura de un pavimento. El problema radica que estas tareas son muy complicadas, debido a que sería imposible detener el gran volumen de vehículos que circulan para determinar estos valores.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el factor de corrección para el cálculo y aproximación del equivalente de carga de ejes simples (ESAL) en el diseño de pavimentos en vías urbanas, a objeto de poder obtener mejores resultados en futuros diseños de la estructura de un pavimento en vías urbanas como es en el caso de las vías más importantes de la ciudad de Tarija.

1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de los aspectos generales de la ingeniería de tráfico para así establecer un enfoque adecuado a nuestro estudio.
- Realizar un análisis de la importancia que tiene el equivalente de carga de ejes simples (ESAL) en el diseño de pavimentos en vías urbanas.
- Realizar un análisis de los aspectos del factor de corrección para el cálculo y aproximación del ESAL, para disponer de instrumentos conceptuales que nos permitan entender, explicar y decidir con mayor conocimiento para aplicar al estudio a realizar.
- Realizar aforos de tráfico en las vías más importantes de la ciudad de Tarija, valores que servirán para determinar los diferentes factores para el cálculo de aproximación del ESAL.
- Proporcionar un factor de corrección para el cálculo y aproximación del ESAL, para obtener un mejor diseño de pavimentos en vías urbanas.
- Establecer conclusiones y recomendaciones sobre el estudio realizado.

1.5.MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

1.5.1. MEDIOS

Para la realización de este estudio se utilizara la información de internet y de libros que contengan información sobre el tema.

Se Consultara a ingenieros que tengan conocimiento de nuestro estudio para que nos puedan guiar en el desarrollo del mismo.

Además desempeñaran un papel fundamental los métodos teóricos, empíricos y estadísticos, dado que:

Los métodos teóricos: nos permitirán la construcción y desarrollo de la teoría científica, y en el enfoque general para abordar los problemas. Por ello los métodos teóricos permiten profundizar en el conocimiento.

Los métodos empíricos: permiten la obtención y elaboración de los datos empíricos y el conocimiento de los hechos fundamentales que caracterizan al tema de estudio.

Los métodos empíricos principales son: la observación, el experimento y la medición.

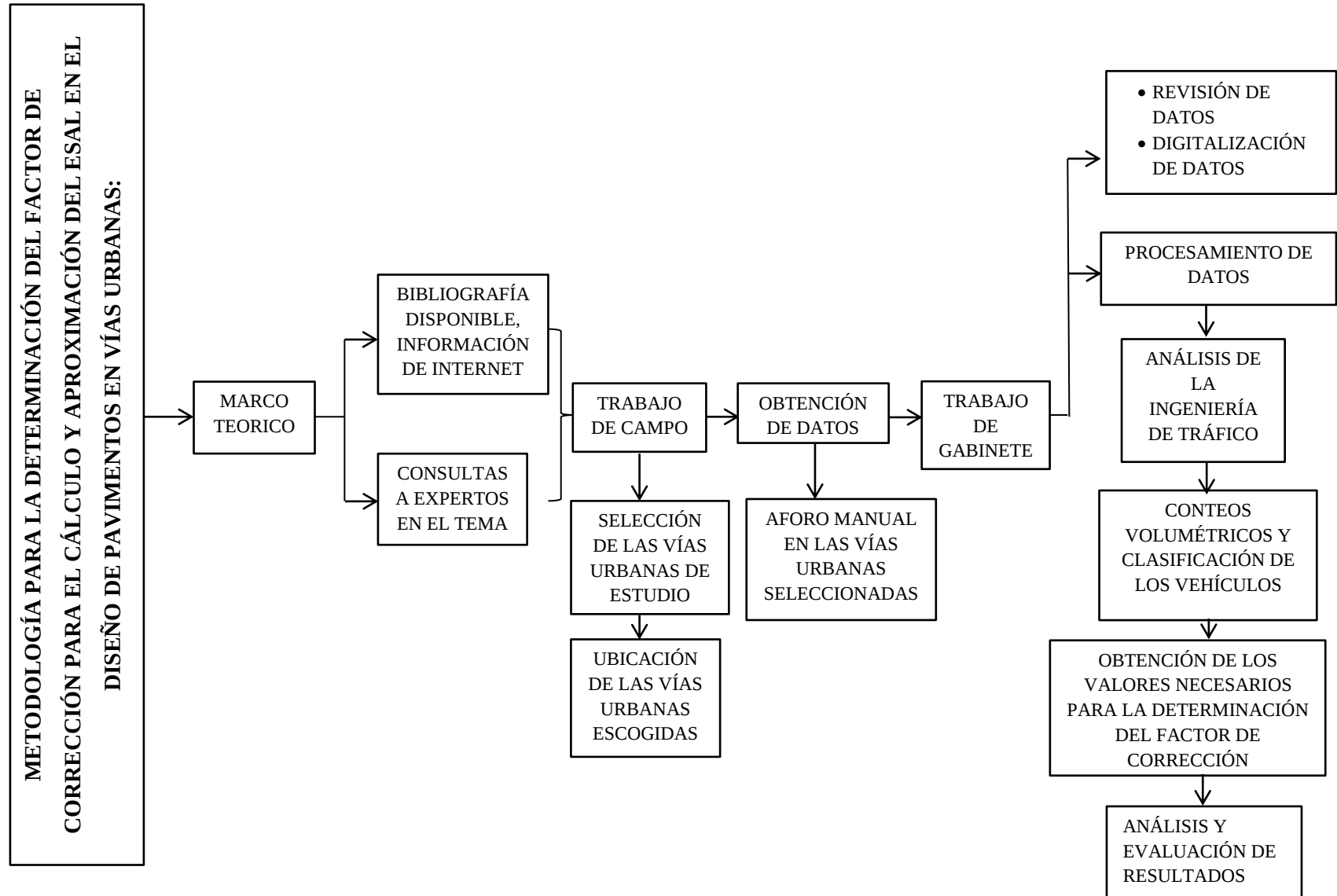
Los métodos estadísticos: cumplen una función relevante, ya que contribuyen a determinar cifras reales, datos concretos, tabular los datos obtenidos y establecer las generalizaciones apropiadas a partir de ellos.

La estadística descriptiva permite organizar y clasificar los indicadores cuantitativos obtenidos en la medición. La forma más frecuente de organizar la información es, mediante tablas, gráficos, y las medidas de tendencia central como: la media, y otros.

1.5.2. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN

La adquisición de la información es uno de los aspectos esenciales en este tipo de estudios, ya que permite ver de una manera clara y objetiva los problemas a solucionar. Para esto debe llevarse a cabo una exhaustiva planificación y programación de todo lo que se va a hacer, teniendo en cuenta cuáles datos se van a tomar, cuándo, dónde, cómo se van analizar y para qué se van a utilizar.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio, se acude al empleo de técnicas de estudio e investigación como el instrumento para analizar, comparar y obtener resultados satisfactorios.



1.6.ALCANCE

El alcance de este estudio es realizar un análisis y evaluación del factor de corrección para el cálculo y aproximación del equivalente de carga de ejes simples (ESAL) en el diseño de pavimentos sobre vías urbanas, realizando un análisis de todo lo conocido teóricamente con lo referente a la Ingeniería de Tráfico, diseño de pavimentos y al equivalente de carga de ejes simples (ESAL) y poniéndolo en práctica a través de las diferentes metodologías que serán estudiadas, las cuales se aplicaran en vías urbanas más importantes de la Ciudad de Tarija.

Inicialmente el trabajo contiene una introducción a lo referente con lo que se pondrá en estudio y el problema principal que nos lleva a la elaboración de éste, el por qué lo estamos realizando y el porqué de su importancia, planteando los objetivos que cumpliremos a lo largo de la realización del estudio.

Así mismo se describe los aspectos más importantes de la Ingeniería de Tráfico analizando la evolución que ha tenido durante los años y su importancia en cuanto en la ingeniería de pavimentos analizan todos los aspectos que abarcan esta, y realizando un análisis de todos sus parámetros para poder tener un enfoque adecuado al momento de realizar este estudio.

También se realizara un análisis de los tipos de vehículos que mayor flujo tienen en las vías escogidas.

En lo que se refiere al equivalente de carga de ejes simples (ESAL) en el diseño de pavimentos en vías urbanas, se pretende tener conocimiento de esta y sus factores influyentes, teniendo en cuenta la importancia del análisis del ESAL, además de los procesos que se deben seguir para la metodología de este estudio, analizando todos los factores que influyen para su determinación,

Conociendo todos los parámetros existentes al momento de analizar los factores que conlleva el factor de corrección, tendremos una perspectiva apropiada para la realización del estudio.

También en este capítulo se estudiarán y adaptarán a nuestro medio la forma del procesamiento de la información obtenida de los trabajos de campo.

Así mismo se aplicará de forma práctica todo el análisis y la metodología desarrollada anteriormente, efectuándola en las vías urbanas de estudio y obteniendo así todos los estudios que se deben realizar y a la vez nos permita cumplir y alcanzar los objetivos trazados en el presente proyecto.

También pondremos en práctica el análisis de los parámetros de la ingeniería de tráfico en estas vías urbanas, por otra parte se realizarán los respectivos trabajos de campo, para luego realizar el análisis y la elaboración del informe con todos los resultados obtenidos.

Finalmente se realizará un análisis de todos los resultados obtenidos en la parte práctica donde se desarrollará el debido estudio en las vías urbanas escogidas encontrando el factor de corrección para el cálculo y aproximación del equivalente de carga de ejes simples. Con lo que finalmente se sacarán conclusiones de los estudios realizados y resultados obtenidos además se darán algunas sugerencias para proyectos dentro de la Ciudad de Tarija, y a la vez se realizará las recomendaciones necesarias sobre el tema en estudio.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS

2. ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS

2.1. DEFINICIÓN

La estructura que se apoya sobre el terreno de fundación o subrasante, y que está conformado por capas de materiales de diferentes calidades y espesores, que obedecen a un diseño estructural, se denomina pavimento. La estructura del pavimento está destinada a soportar las cargas provenientes del tráfico.

Estas estructuras viales pueden construirse directa y continuamente apoyadas sobre el suelo (vías normales en cortes y rellenos), o pueden estar fuera del contacto directo con el terreno (puentes, pasos elevados, pasos a desnivel, viaductos, etc.).

2.1.1.- CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

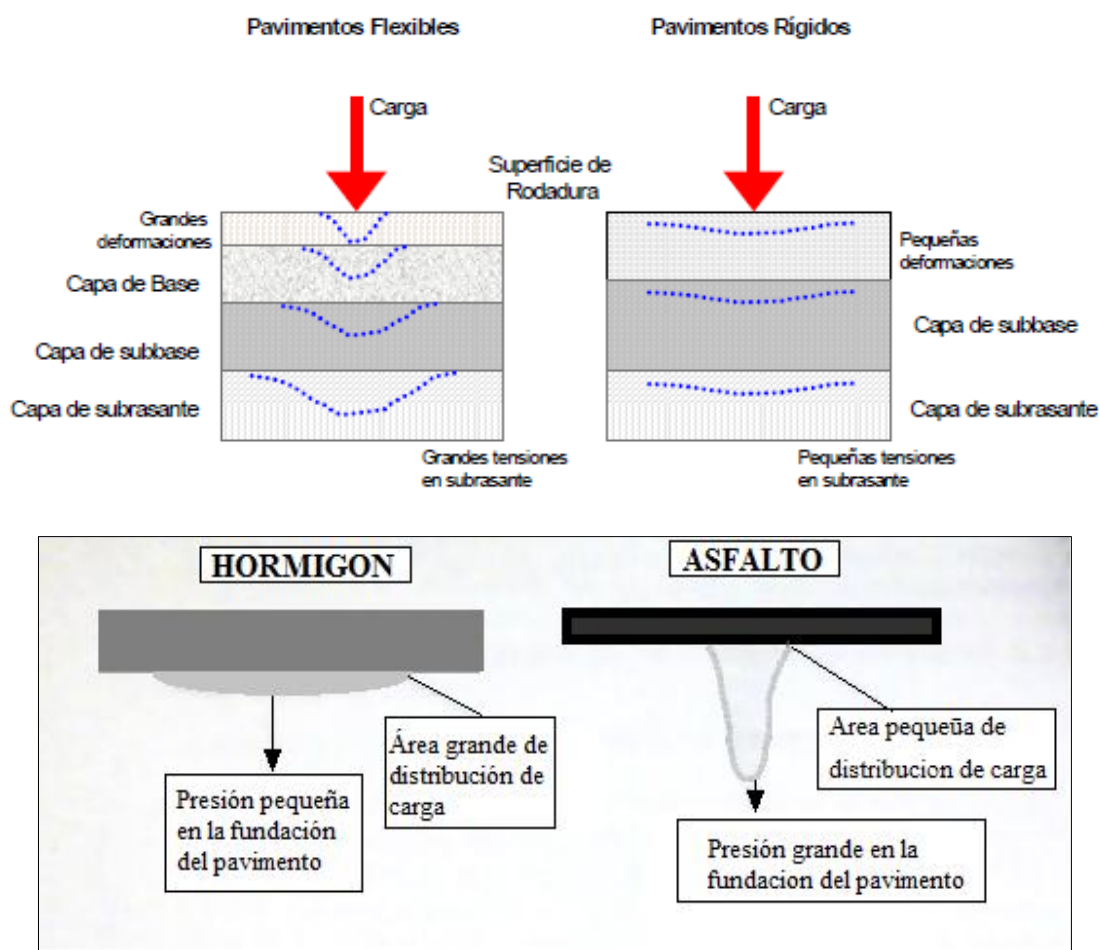
- ✚ Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- ✚ Ser resistente ante los agentes de la intemperie.
- ✚ Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- ✚ Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- ✚ Debe ser durable.
- ✚ Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- ✚ El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos, que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.

- ✚ Debe ser económico.
- ✚ Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

Los pavimentos pueden dividirse en rígidos y flexibles. Las cargas que transmiten a la fundación son muy diferentes como se muestra a continuación:

Figura 1: Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos



Fuente: Diseño De Pavimentos (AASHTO – 93)

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma mas y se producen mayores tensiones en la subrasante.

Los Pavimentos flexibles se caracterizan por ser sistemas multicapa de agregados minerales de una resistencia a la compresión y al corte que pueden soportar las cargas concentradas de los vehículos y transmitir las al terreno en una superficie tal que el esfuerzo unitario sea aceptado por el suelo que lo conforma, con las capas de mejor calidad cerca de la superficie donde las tensiones son mayores. La capa superior es de concreto asfáltico.

Un pavimento flexible trabaja distribuyendo la carga hasta que llegue a un nivel aceptable para la subrasante.

Pavimentos rígidos Se denominan así los pavimentos constituidos por losas de hormigón hidráulico cuya alta rigidez y elevado coeficiente de elasticidad le dan una alta resistencia a la flexión, y debido a la rigidez de la losa de hormigón se produce una distribución de las cargas de las ruedas de los vehículos en un área mayor, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Además debido a la rigidez y alto módulo de elasticidad del hormigón, los pavimentos rígidos basan su capacidad portante en la losa de hormigón más que en la capacidad de la subrasante.

2.3. ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

De acuerdo a la clase de pavimento que se vaya a utilizar, a las cargas de tráfico, al comportamiento de la subrasante, las condiciones climáticas, topografía y al drenaje a utilizar el pavimento puede ser estructurado con diferentes capas estructurales de diversos espesores y materiales de acuerdo al diseño que se haya proyectado. La estructura típica de las capas que conforman la estructura del pavimento se grafican en la figura 2.

Figura 2: Estructura Típica De Pavimentos Asfálticos



Fuente: Diseño Moderno De Pavimentos Asfálticos (segunda Edición, Lima, 2006) de la Universidad Nacional De Ingeniería Lima - Perú

2.3.1. SUPERFICIE DE RODAMIENTO

La Superficie de rodadura de un pavimento flexible es la capa superior de la calzada, destinada para dar comodidad al tráfico. Debe tener características antideslizantes, ser impermeable y resistir al desgaste producido por el paso de los vehículos y las condiciones climáticas.

Sobre las superficies terminadas, se coloca generalmente una capa bituminosa de sellado, con el propósito de impermeabilizar la capa de rodadura o darle una rugosidad conveniente para evitar el deslizamiento de los vehículos.

2.3.2. BASE

La capa de base generalmente granular, es una capa que se apoya sobre la sub base. La función de esta capa es transmitir los esfuerzos provenientes del tráfico, a la sub base y subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Los requisitos de calidad de agregados de base son muy rigurosos, ya que su función es, que impidan que los finos de la subrasante contaminen a la base, menoscabando su calidad.

2.3.3. SUBBASE

La sub base, es una capa que según el diseño puede o no colocarse. Se apoya sobre la subrasante y los requisitos de calidad de los materiales que la conforman son menos rigurosos, la razón de esto es que los esfuerzos verticales que se transmiten a través de las capas de pavimentos son mayores en la superficie y van disminuyendo a medida que se profundizan. La sub base es la capa de material seleccionado, más profunda de la estructura del pavimento, razón por la que los materiales que la conforman cumplen requisitos menos rigurosos.

2.3.4. TERRENO DE FUNDACIÓN

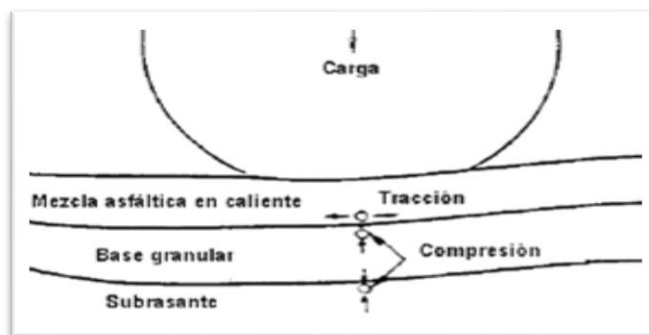
El terreno de fundación puede estar conformado por un terraplén (caso de rellenos) o terreno natural en el caso de cortes, para ambos casos, la cota geométrica superior se denomina subrasante.

2.4. ESFUERZOS MÁS IMPORTANTES PRODUCIDOS EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFALTICO

Como se mencionó, el pavimento está sometido a la aplicación de cargas cíclicas provenientes del tránsito.

Una estructura típica conformada por carpeta asfáltica, base y sub-base granular y terreno de fundación soporta esfuerzos de tracción debajo de la carpeta asfáltica y de compresión a nivel de las otras, incluido el terreno de fundación. Figura 3.

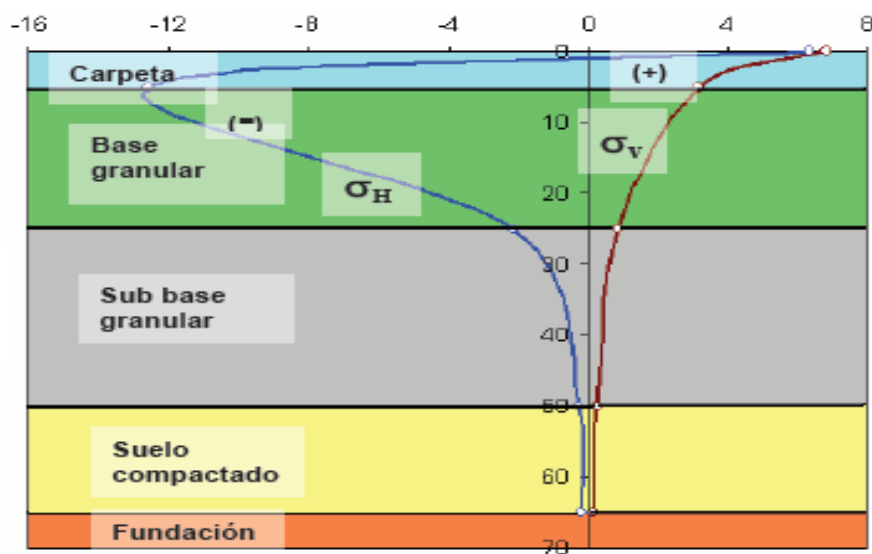
Figura 3: Esfuerzos generados en las capas de una estructura típica de pavimento



Fuente: Diseño Moderno De Pavimentos Asfálticos (segunda Edición, Lima, 2006) de la Universidad Nacional De Ingeniería Lima - Perú

La llanta no solo genera esfuerzos verticales sino también esfuerzos horizontales. En una estructura típica de pavimento (carpeta asfáltica, base y sub base granular) los esfuerzos horizontales se disipan a través de la carpeta asfáltica, pasando de un valor positivo en la superficie a uno negativo en su fibra interior. Los esfuerzos así generados producen fisuras que luego se reflejaran en la superficie. Los esfuerzos verticales se disipan a través de las cargas granulares hasta llegar a la subrasante, σ_v . Figura 4, muestra la distribución de esfuerzos horizontales (σ_H) y verticales (σ_v) de pavimentos típicos.

Figura 4: Esquema de la distribución de Esfuerzos, Kg/Cm² en Pavimentos Típicos



Fuente: Diseño Moderno De Pavimentos Asfálticos (segunda Edición, Lima, 2006) de la Universidad Nacional De Ingeniería Lima – Perú

2.6. CONDICIONES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Dentro de las consideraciones que deben tomarse en cuenta para el diseño de estructuras de pavimentos, es necesario analizar fundamentalmente la problemática que representa el comportamiento de los pavimentos debido al tránsito, ya que este se incrementa conforme el desarrollo tecnológico y crecimiento demográfico, lo que trae a su vez mayor cantidad de repeticiones de ejes y cargas.

Por ello, es necesaria la selección de apropiados factores para el diseño estructural de los diferentes tipos de pavimentos, por lo que deberá tomarse en cuenta la clasificación de la carretera dentro de la red vial.

2.6.1. CLASIFICACIÓN DE CALLES Y CARRETERAS

La clasificación es el proceso por medio del cual las calles y carreteras son organizadas dentro de un sistema funcional, de acuerdo con el carácter de servicio que presentan y que ayude a seleccionar los factores apropiados de tránsito y otras variables que sean necesarias, según se muestran en la tabla 1:

Tabla 1: Clasificación funcional de las carreteras Regionales, Volúmenes de Tránsito, Número de carriles y tipo de Superficie de Rodadura

TPDA	> 20,000		20,000 – 10,000		10,000–3,000		3,000 - 500	
Clasificación Funcional	C	S	C	S	C	S	C	S
AR – Autopistas Regionales	6 – 8	Pav.	4 – 6	Pav.				
TS – Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
TR – Troncales Rurales	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
CS – Colectoras Suburbanas			2 – 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR – Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

TPDA = Tránsito promedio diario anual; C= Número de carriles; S= Superficie de rodadura; Pav. = pavimentadas

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2001

2.6.1.1. VÍAS URBANAS

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.

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.

2.6.1.1.1. 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 suma un espacio de relación e interacción social. La calle por lo tanto es mucho más que una vía de tráfico.

2.6.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

2.6.2.1. MÉTODO DE AASTHO

Para el método de AASTHO la fórmula de diseño es:

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

En donde:

W_{18} = Numero de cargas de ejes simples equivalentes de 18 Kips (80KN) calculadas conforme el tránsito vehicular.

Z_r = es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R.

S_o = Desviación estándar de todas las variables.

ΔPSI = Perdida de serviciabilidad.

M_r = Modulo de resiliencia de la subrazante.

SN = Numero Estructural

2.6.2.1.1. LAS VARIABLES QUE SE TENDRÁN QUE CONSIDERAR EN ESTE MÉTODO SERÁN LAS SIGUIENTES:

i. Variables en función del tiempo.

Existen dos variables que deben tomarse en cuenta y son:

 El periodo de diseño

 La vida útil del pavimento

El periodo de diseño: es tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.

La vida útil del pavimento, es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El periodo de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento; en los casos en que se considere reconstrucciones o rehabilitaciones a lo largo del tiempo, el periodo de diseño comprende varios periodos de vida útil que son: el de pavimento original y el de las rehabilitaciones.

Se recomiendan periodos de diseño en la siguiente forma:

Tabla 2: Periodos de diseño

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales suburbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 – 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2001

ii. Variables en función del tránsito

Esta variable se verá con más detalle en el capítulo 3 de este proyecto, que es el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 Kips (80KN) o esal's. la conversión de una carga dada por eje a eje equivalente o ESAL's se hace a través de los factores equivalentes de carga (LEF's).

iii. Confiabilidad (R)

Este valor se refiere al grado de seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su periodo de diseño en buenas condiciones.

iv. Subrasantes expansivas

En el caso de existir subrasantes expansivas por efecto de la saturación, es necesario analizar la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) debido a esta causa, haciendo los análisis de laboratorio a los materiales existentes en el proyecto.

v. Criterios para determinar la serviciabilidad

La serviciabilidad de una estructura de pavimento, es la capacidad que tiene este de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto).

Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final; la inicial (P_o) es función directa del diseño de la estructura de pavimento y de la calidad con que se construye la carretera, la final o terminal (P_t) va

en función de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del diseñador; los valores que se recomiendan por experiencia son:

Serviciabilidad inicial.

$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final¹

$P_t = 2.5$ o más para caminos principales

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor

vi. Propiedades de los materiales

Son las que se valoran para obtener el módulo de resiliencia, ya que en función de este se llega a los coeficientes de los números estructurales (SN).

vii. Drenajes

Son los coeficientes de capa, los cuales se ajustan con factores mayores o menores que la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación.

2.6.2.1.2. DETERMINACIÓN DE ESPESORES

En el inciso 2.6.2.1 se presentó la fórmula de diseño para pavimentos flexibles y las variables (numerales de la i al vii) que intervienen en ella.

En los pavimentos de mezclas asfálticas por medio de la fórmula de diseño se obtiene el número estructural y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman el paquete estructural; el diseño está basado en la identificación del número estructural del pavimento flexible y la cantidad de ejes de carga transitando.

Las variables de entrada en este ábaco de diseño son:

 Tránsito estimado por carril, W_{18} , a lo largo de la vida útil del pavimento

¹ Es recomendable que estos valores no sean menores que los indicados

✚ Confiabilidad R

✚ El conjunto total de las desviaciones estándar (S_o) se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Para pavimentos flexibles 0.40 - 0.50

En construcción nueva 0.35 – 0.40

En sobre capas 0.50

✚ El módulo de resiliencia efectivo (que tome en cuenta las variaciones a lo largo del año) de la subrasante (M_r).

✚ La pérdida de Serviciabilidad $\Delta PSI = P_o - P_t$

La expresión que liga el número estructural con los espesores de capa es:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \dots$$

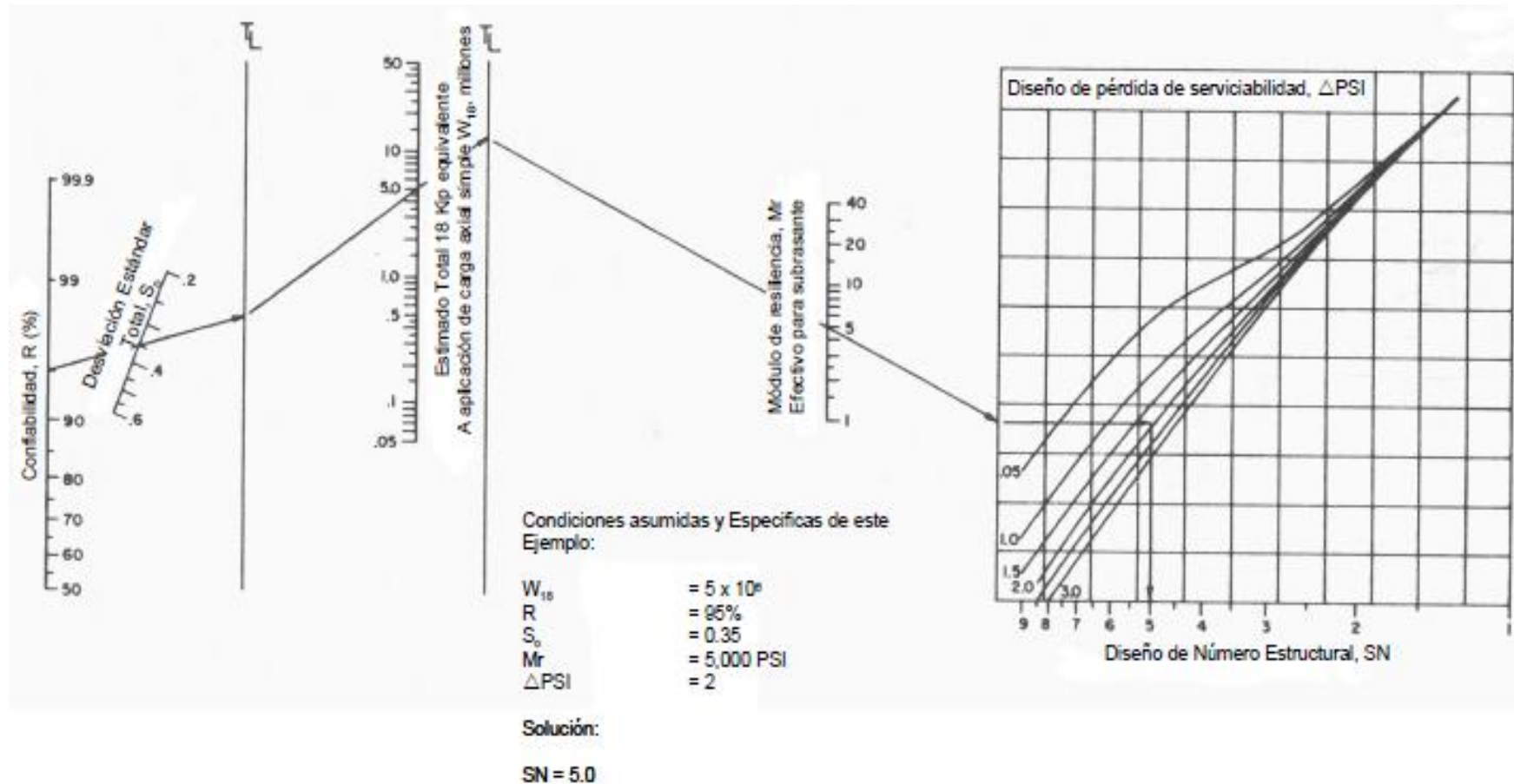
Dónde:

a_1, a_2, a_3 son los coeficientes estructurales o de capa, adimensionales.

m_1, m_2, m_3 son los coeficientes de drenaje.

D_1, D_2, D_3 son los espesores de capas, en pulg o mm, en este sentido, el numero estructural llevara las unidades de los espesores de las diferentes capas del pavimento.

Figura 5: Ábaco de diseño AASTHO para pavimentos flexibles



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993

2.6.2.1.3. LIMITACIONES EN EL MÉTODO DE DISEÑO AASHTO

Las limitaciones del método AASTHO son las siguientes:

1. Materiales y subrasantes limitados. El AASHO Road Test fue realizado con una clase típica de materiales y un único tipo de subrasante. La extrapolación de los resultados a aplicaciones generales conlleva el hecho de que los materiales y suelos de un determinado lugar pueden ser muy diferentes a los usados en el AASHO Road Test. Este problema se salva con el uso de factores de ajuste, M_r , a_i , m_i , ect., pero pese a todo, muchos de estos factores están basados en relaciones empíricas y deben usarse con precaución.
2. Transito no mezclado. El AASHO Road Test consideraba el transito acumulado de vehículos con cargas y configuraciones por eje idénticos. En la realidad los pavimentos están expuestos a un gran número de configuraciones y cargas por eje. El proceso para convertir un tránsito mixto en un número equivalente de pasadas de ESALs se basa en una relación empírica.
3. Periodo de vida útil muy cortos en el Road Test. El número de años y las cargas aplicadas en el AASHO Road Test representan solo una fracción de la vida de diseño y de las aplicaciones de carga vistas en la realidad. Con periodos muy largos en servicio, el deterioro del pavimento por condiciones ambientales empieza a ser importante.
4. Factores equivalentes de carga. Los factores equivalentes de carga usados para pasar del tránsito mixto al número de ESALs son válidos para los materiales, composición del pavimento, clima y subrazante del AASHO Road Test. La extrapolación de estos factores a otras condiciones es desconocida. Estos factores, a su vez están dados para niveles finales de serviciabilidad variables entre 2.0 y 2.5. para caminos muy importantes de alto volumen de transito pueden adoptarse serviciabilidades finales mayores y estos LEFs no se adecuan correctamente.
5. Variabilidad. Una de las principales limitaciones del método AASHTO es que está basado en tramos muy cortos de pavimentos con un gran control de

calidad en lo que respecta a materiales y construcción. la variabilidad en construcción y materiales en casos reales es mucho mayor. Los proyectos diseñados con valores medios tendrán fallas localizadas antes de que su serviciabilidad descienda a su nivel final, a menos que se use un alto nivel de confiabilidad en el diseño.

6. Falta de guía en el diseño. Los coeficientes estructurales o de capa y los factores de drenaje m , tienen una gran importancia en la determinación de los espesores de pavimentos, pero se han dado muy pocas guías en este rubro. Lo mismo ocurre con la confiabilidad. La selección de estos valores debe estar basada en el buen juicio y experiencia del proyectista.

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL TRÁNSITO

3. CARACTERIZACIÓN DEL TRÁNSITO

3.1. INTRODUCCIÓN

El método o técnica más utilizada para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticos como de concreto hidráulico, siempre se refiere a la AASHTO¹; en este método la información requerida en las ecuaciones de diseño incluye: la carga por eje, la configuración del mismo, así como el número de aplicaciones o paso de este eje sobre la superficie de pavimento.

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y numero de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 KN o 18 Kips, por lo que se les denominara "Equivalent simple axial load" o **ESAL** (ejes equivalentes).

3.2.- PERIODO DE DISEÑO DEL PAVIMENTO

Los periodos de diseño suelen ser diferentes según se trate de pavimentos asfálticos o rígidos:

- ✚ En los pavimentos asfálticos depende de la importancia de la vía y suelen variar entre 10 y 20 años.
- ✚ Los pavimentos rígidos se acostumbran diseñar para periodos de 20 años, independientemente de la importancia de la vía, por cuanto los incrementos de espesor y de costo al duplicar el periodo de diseño no suelen exceder de 10%.

3.3.- CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS DEL TRÁNSITO

3.3.1.- TRÁNSITO MEZCLADO

El efecto que producen los vehículos sobre un pavimento es muy complejo de evaluar, debido a que el tránsito es muy mezclado:

- ✚ Diferentes tipos de vehículos

¹ Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993

- ✚ Diferentes magnitudes de carga por eje
- ✚ Diferentes configuraciones de ejes
- ✚ Diferentes presiones de contacto neumático-pavimento
- ✚ Diferente velocidad vehicular

3.3.1.1.- DIFERENTES TIPOS DE VEHÍCULOS

Figura 1: Tipos de vehículos



Vehículo pesado

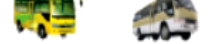


vehículo liviano

Fuente: Modulo 4 "Caracterizacion del tránsito" ing. Fernando Sánchez Sabogal

La siguiente tabla da a conocer los diferentes tipos de vehículos que son clasificados por el personal de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos del mti. (Ministerio de Transporte e Infraestructura) de la República de Nicaragua:

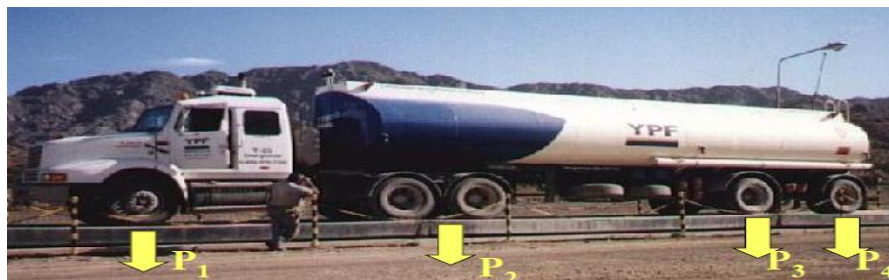
Tabla 1: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHÍCULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHÍCULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicletas tales como, Minimotos, Cuadriciclos, MotoTaxis, etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y zonas urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMÓVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con fines en la parte trasera, incluyendo los que transportan pasajeros y aquellos que por su diseño están diseñados a trabajo de carga.
	MICROBÚS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBÚS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BÚS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHÍCULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellos.
	CAMIÓN DE CARGA C2-C3		Son todos aquellos camiones tipos C2(2 ejes) y C3 (3 ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de carga pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semiremolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHÍCULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provisión con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (tractores - arados - Cosechadores)
	VEHÍCULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de cadenas, Cargador de ruedas y compactadora.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluyen remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículos automotor, también se incluyen los halados por tracción animal.

Fuente: mti. (Ministerio de Transporte e Infraestructura) de la República de Nicaragua

3.3.1.2.- DIFERENTES MAGNITUDES DE CARGA POR EJE

Figura 2: Magnitudes de carga por eje



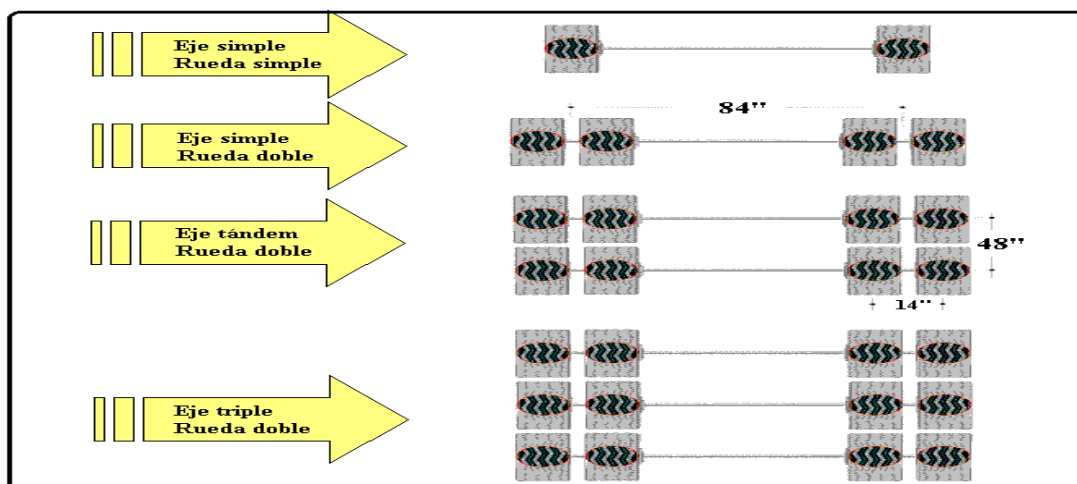
Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3.- CONFIGURACIONES USUALES DE LOS EJES Y DE LAS RUEDAS DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES QUE TRANSMITEN LAS CARGAS AL PAVIMENTO

Una de las piezas de información más importantes en cuanto al tráfico se refiere, es la manera como se aplicará la carga sobre el pavimento, es decir cuántos ejes, y de qué tipo son esos ejes (número de ruedas por eje, número de ejes, separación entre ejes, presión de inflado, etc.)

A este respecto es conveniente definir los tipos de ejes que pueden ser encontrados en los vehículos que transitan sobre nuestros pavimentos.

Figura 3: Tipos de ejes



Fuente: Caracterización del tránsito, Ing. Fernando Sánchez Sabogal

- **Ejes Simples:** Son ejes sencillos de dos o cuatro ruedas
- **Ejes Tándem (dobles):** Es el conjunto de dos ejes sencillos, separados entre 1,20 y 1,60 metros aproximadamente, que tienen una suspensión común
- **Ejes Triples:** es el conjunto de tres ejes sencillos, separados entre 1,20 y 1,40 metros aproximadamente, los cuales no tienen una suspensión común

Figura 4: diferentes configuraciones de ejes



Eje Simple

Ejes Tándem

Eje Triple

Fuente: Obtención y Manejo de la información de tránsito para diseño de Pavimentos, Ing. Gustavo Corredor M.

3.3.2. PESO DE CAMIONES

Así como la distribución del tipo de camiones, lo es también la de los pesos. Esto es en función de las nuevas reglamentaciones en cuanto a cargas y a las variaciones en el esquema productivo de una zona o de todo un país en general. Los factores que se deben conocer en este rubro son: peso total del camión y distribución por ejes de este peso.

3.3.2.1.- ESTACIONES PERMANENTES DE CONTROL DE CARGAS

El conocimiento de los pesos de camiones y de las distribuciones de cargas por eje fue determinado en el pasado mediante las estaciones de control de cargas. Este método tiene varias fallas. En primer lugar, el número de estaciones de control de cargas es limitado y, a menos que la estación de control de cargas esté próxima al área del proyecto, es discutible su aplicación directa al diseño del pavimento. Por otro lado, no todas las estaciones operan en forma continua. Algunas están abiertas sólo

determinados días de la semana o bien en horas diurnas, por lo que las variaciones en tránsito de camiones y de cargas que ocurren durante el día o la semana no pueden ser registradas. Por otro lado, muchos camiones sobrecargados eluden la estación por caminos laterales cuando ésta está en operación o bien pasan delante de la misma cuando ésta no trabaja. Todos estos factores hacen que los datos obtenidos de una estación de control de cargas sean poco confiables.

3.3.2.2. ESTACIONES PORTÁTILES

Son usadas por distintas reparticiones viales con el propósito de obtener datos para un determinado proyecto. El hecho de que los datos sean obtenidos en el mismo camino o zona los hace más confiables, pero igual presentan los mismos problemas que las estaciones de control de cargas permanentes (trabajan determinados días a determinadas horas), aunque la elusión por parte de camiones sobrecargados es menor.

Las dos figuras que se incluyen a continuación corresponden al modelo de balanzas portátiles de carga por rueda:

Figura 5: Balanzas Portátiles de Carga Por Rueda



Fuente: Obtención y Manejo de la información de tránsito para diseño de Pavimentos, Ing. Gustavo Corredor M.

3.3.2.3. PESAJE EN MOVIMIENTO

Este tipo de pesaje (weigh in motion = WIM) es un avance importante en el monitoreo del tránsito. Consiste en dispositivos instalados en la calzada que registran

las cargas dinámicas transmitidas por los vehículos mientras transitan a velocidades normales. En general los dispositivos para pesaje en movimiento son portátiles, pero también los hay permanentes. Este método ofrece un alto grado de flexibilidad en recolección y procesamiento de datos gracias al uso de computadoras. Los dispositivos de medida son colocados en cada trocha para conocer la distribución de cargas por trocha. Las ventajas del WIM son:

1. Eliminación de demoras para los camiones, dado que éstos son pesados mientras transitan a velocidades normales.
2. Eliminación casi total de elusión del control por parte de los camiones sobrecargados.
3. Incremento de seguridad por eliminación de la necesidad de reducir la velocidad, con la consecuente formación de colas.
4. Posibilidad de procesar un gran número de vehículos.
5. Reducción de costos.
6. Mejoramiento de la obtención de datos en cuanto a cantidad y calidad.

Una de las cuestiones discutibles es la exactitud de los pesajes en movimiento. La diferencia entre el WIM y pesajes estáticos es del 8% para cargas por eje y del 6% para cargas totales de camión. Otro de los problemas es la interpretación de los resultados. En el WIM se mide la carga dinámica, la que debido a la suspensión del vehículo y rugosidad de la calzada es diferente de la carga estática. Los resultados son muy similares a los estáticos para calzadas muy lisas y camiones circulando a bajas velocidades.

A continuación se muestra un detalle de sensores piezo-eléctricos adheridos sobre el pavimento

Figura 6: Sensores Piezo-eléctricos adheridos sobre el pavimento



Fuente: Obtención y Manejo de la información de tránsito para diseño de Pavimentos, Ing. Gustavo Corredor M.

3.3.3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LAS CARGAS TRANSMITIDAS POR LOS DIFERENTES EJES SOBRE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

Uno de los factores de diseño que presenta mayor variabilidad es el correspondiente al efecto de las cargas que transmiten los vehículos. Cualquier observador, por más inexperto que sea en el área de pavimentos, no puede dejar de notar que por una sección dada de pavimento circulan diariamente un sin número de tipos de vehículos, y un mayor número de tipos de carga: observará para un mismo tipo de camión que algunos circularán vacíos, otros cargados con cemento, otros con cerveza, otros con materiales de construcción, etc.; además la condición de variabilidad descrita se repetirá para cada tipo de camión sobre la vía.

Es necesario, en consecuencia, transformar toda esa gama de realidades de formas e intensidades de carga, en un valor que los represente y que sea simplemente obtenible y manejable. Por esta razón se definió un "**Eje Patrón**" que representa la carga estándar, o normalizada.

En Bolivia, como en la gran mayoría de los países occidentales, este "eje patrón" contempla una carga por eje simple de cuatro ruedas de 8.200 kg (80 KN ó 18.000 libras)

Adicionalmente fue necesario asignar a este eje patrón un valor del efecto que causaba al pasar sobre un pavimento, este efecto se conoce como "**factor daño**", y

para una carga patrón de 18 kips, sobre un eje simple de cuatro ruedas (o ruedas morochas), se le asignó un valor unitario, es decir cada vez que un eje simple de 18.000 lbs pasa sobre una sección de un pavimento flexible, causa sobre ese pavimento un daño igual a uno (1).

Como consecuencia de esta simplificación surge la definición de los "**Factores de equivalencia de cargas**", que "son valores numéricos que definen el daño que causa el paso de un vehículo, o eje determinado, sobre una sección de pavimento en una manera relativa al daño que el vehículo, o eje patrón, causa al pasar sobre la misma sección de pavimento", o dicho de otra manera, los "Factores de Equivalencia" transforman las repeticiones de un eje cualquiera, a un número de repeticiones del eje patrón que causan el mismo efecto daño sobre el pavimento que el daño causado por ese eje cualquiera.

Los "Factores de Equivalencia" para los ejes simples y tándem (dobles y triples) son los derivados empíricamente en el Ensayo Vial AASHO en función no solo de la magnitud de la carga y la configuración del eje que la transmite al pavimento, sino también del tipo de pavimento (flexible o rígido), del espesor del pavimento y de la condición final de calidad de rodaje del pavimento para el momento final del periodo de diseño.

3.4.- EL TRÁFICO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

El tránsito es la variable más importante en el diseño de pavimento.

Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causarán sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipo de vehículos que circularán por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que la aplica.

Al producir el tráfico automotor, las cargas que influyen en el diseño estructural del pavimento se hacen imprescindible el conocimiento de las cargas de tráfico que va a soportar la estructura en su vida de servicio. Para ello se hace necesario tener un

parámetro que nos permita traducir las diferentes cargas que transmiten los ejes de los vehículos al pavimento.

Este parámetro es el número de ejes equivalentes simples a 80KN que transitarán en el carril de diseño en el año del cual se desea calcular. Este valor corresponde a ejes equivalentes de 8.2 toneladas que circularán en el carril de diseño durante el período de vida útil del pavimento.

3.4.1.- VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Para el diseño de estructuras de pavimento es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Para el efecto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos tales como: puentes, túneles o intersecciones de carreteras.

Estos aforos se realizan con el objeto de:

- Determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras.
- Determinar el número de vehículos que transitan en cierta zona o que circulan dentro de ella.
- Servir de base para la clasificación de caminos.
- Datos útiles para la planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos.
- Determinar el tránsito futuro, etc.

En todo estudio de volúmenes de tránsito es necesario obtener dos datos básicos: el tránsito medio diario general y el tránsito medio diario de camiones. Estos se pueden obtener al efectuar censos o aforos de tránsito en el lugar de la construcción o si es nueva, mediante censos o aforos de tránsito en lugares próximos.

El tránsito cambia según el día de la semana, cambia según la semana del mes, cambia según la estación o época del año, cambia según los días de descanso o asueto, etc. Por lo que es necesario hasta donde sea posible, contar con estadísticas de periodos largos de evaluación del tránsito, para analizar el comportamiento de los

diferentes volúmenes y tipos de vehículos, que nos permitan en mejor forma evaluar las cargas que se aplicaran a la estructura de pavimento.

Dentro de estas consideraciones también es necesario conocer las tasas de crecimiento o incremento anual del tránsito, en la siguiente tabla 4, se tiene el porcentaje de la tasa anual de crecimiento vehicular, que se usara y el periodo de diseño de la estructura de pavimento, lo que nos da el factor de crecimiento de tránsito. Hay que tener presente que el porcentaje de la tasa anual de crecimiento de vehículos, se puede cambiar utilizando diferentes porcentajes, dependiendo del tipo de vehículo que se considere que va a aumentar o disminuir más que los otros.

Tabla 2: Factores de Crecimiento de Tránsito

Período de análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual (g) (en %)						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993

3.4.1.1.- VOLÚMENES DE CAMIONES

Es necesario conocer el porcentaje de camiones presentes en el volumen de tránsito a estudiar, así como también la clasificación de estos camiones. Diferentes tipos de camiones llevan distintas cargas y su número no debería ser combinado sin un buen ajuste.

3.4.1.2.- USO DE DATOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO

La información sobre volúmenes de tránsito es de gran utilidad en la planeación del transporte, diseño vial, operación del tránsito e investigación. Varios tipos de estudios de volúmenes y sus aplicaciones se ilustran en la tabla 5.

Tabla 3: Tipos De Estudios De Volúmenes Y Sus Aplicaciones

TIPO DE VOLUMEN	APLICACIÓN
Volumen Medio Diario: (VMD) o volumen total de tránsito	Estudios de tendencias; Planeación de Carreteras; Programación de Carreteras; Selección de Rutas; Cálculo de Tasas de Accidentes; Estudios Fiscales; Evaluaciones Económicas
Volúmenes Clasificados: por tipo de vehículo, número de ejes, y/o peso.	Análisis de Capacidad; Diseño Geométrico; Diseño Estructural; Cómputos de Estimados de recolección de impuesto de los usuarios de vialidades
Volúmenes durante periodos de tiempo específicos: durante horas pico, horas valle, y por dirección.	Aplicación de Dispositivos de Control del Tránsito; Vigilancia Selectiva; Desarrollo de Reglamentos de Tránsito; Diseño Geométrico.

Fuente: Apuntes ingeniería de transito elaborado por Ing. Guisselle Montoya H. De la Universidad Nacional De Ingeniería.

3.4.1.2.1.- INFORMACIÓN DE TRÁNSITO REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO

- ✚ El número de ejes por carril y su distribución en diferentes grupos de carga durante el periodo de diseño del pavimento
- ✚ El efecto destructivo de los vehículos circulantes y la incidencia estructural de unos ejes con respecto de otros de diferente magnitud y configuración.

3.5.- CONVERSIÓN DE TRÁNSITO EN ESALS

Las diferentes cargas actuantes sobre un pavimento producen diferentes tensiones y deformaciones en el mismo. Además, diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales responden de diferente manera a una misma carga. Debido a esta diferente respuesta en el pavimento, las fallas serán distintas según la intensidad de la carga y las características del pavimento. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito es reducido a un número equivalente de ejes de una determinada carga que producirán el mismo daño que toda la composición del tránsito. Esta carga tipo según AASHO es de 80 KN o 18 Kips. La conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga, denominados LEF por sus siglas en inglés (Load Equivalent Factor) o Factor Equivalente de Carga.

3.5.1.- FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA

3.5.1.1. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE ESAL.

El procedimiento para el cálculo de ESAL tiene diferencias de formulación en cada país como podemos mostrar a continuación:

 **Bolivia, Manual de Diseño de Pavimentos en Base al Método AASHTO-93, publicado por IBCH (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón):**

En el manual de Diseño de Pavimentos del IBCH nos muestra dos procedimientos para el cálculo del ESAL los cuales son:

- 1. Procedimiento Simplificado:** Sirve para hacer una rápida estimación del número de ESALs. Este procedimiento se llama simplificado porque usa un factor de camión promedio en lugar de factores de camión para cada tipo de vehículo. El resultado no es muy exacto y se debería usar solo como una primera aproximación.

La fórmula a usar es:

$$ESAL = TPDA * \%CP * GP * DD * LD * TF * 365$$

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual inicial.

%CP = Porcentaje de camiones Pesados (clase 5 o más según FHWA)

GF = Factor de crecimiento (Growth factor) que tiene en cuenta el crecimiento en volúmenes de camiones y en factor de camiones.

DD = Factor de distribución direccional para camiones (en tanto por uno)

LD = Factor de distribución por carril para camiones (en tanto por uno)

TF = factor de camiones (ESALs/ camiones).

2. **Procedimiento de cálculo riguroso:** requiere el uso de los factores de camión para cada clase individual de camiones (vehículos clase 5 o mayores). Esto puede ser hecho usando tablas o pesos de vehículos y clasificación obtenidos por el método de pesaje en movimiento.

El resultado es más confiable, porque se detalla el crecimiento para cada tipo de vehículo y además toma en cuenta los pesos por eje para cada uno de los vehículos. Y así poder determinar el número total de vehículos, el factor equivalente vehicular para cada eje; el factor camión para cada tipo de vehículo y finalmente el número total de Ejes Equivalentes que solicitaran al pavimento.

Estados Unidos, según el Método del Asphalt Institute

El Asphalt Institute recomienda que los efectos del tránsito en el diseño estructural se expresen en términos del número de cargas equivalentes a 18000 libras que soporta un eje sencillo (**CEES**). Este enfoque, similar al recomendado por AASTHO, incluye varios pasos:

Primero, estimar el número de vehículos de tipos diferentes (como automóviles de pasajeros, camiones de una sola unidad y camiones de unidades múltiples de diferentes tamaños y configuraciones) que se espera usará el pavimento propuesto para el periodo de diseño. Durante el periodo de diseño, se supone que el pavimento soporta los efectos acumulados del tránsito y suministra una calidad satisfactoria de viaje sin rehabilitaciones importantes. El diseñador deberá considerar el aumento en el tránsito, basando

la tasa de aumento en los registros anteriores del camino dado o una carretera similar. Si se supone una tasa compuesta de aumento, el volumen total de tránsito esperado durante el periodo de diseño es:

$$T = \left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right) T_1$$

Dónde: T_1 = volumen de tránsito durante el primero año

r = tasa de aumento expresada como fracción

n = periodo de diseño (años)

Segundo, estimar el porcentaje de tránsito local de camiones que se espera usara el carril de diseño. (El carril de diseño es el carril que se espera recibirá el servicio más severo). Esta estimación se puede hacer a partir de las observaciones del tránsito para la carretera específica o de la tabla 6.

Tabla 4: Porcentaje del tránsito total de camiones en el carril de diseño

Número de carriles de tránsito (dos direcciones)	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45 (35-48) ^a
6 o más	40 (25-48) ^a

^a Intervalo probable.

Fuente: *Thickness Design – Asphalt Pavements for Highways and Streets, Manual Series N° 1.9^a.*

Edición, Asphalt Institute, Lexington, KY.

Tercero, para cada clase de peso, determinar el “factor de camión”, el número de aplicaciones de carga equivalente a 18000 libras sobre un eje sencillo que es la contribución de un vehículo cada vez que pasa.

Los factores de camión se pueden calcular o estimar con la tabla 7.

Tabla 5: Distribución de factores de camión para diferentes clases de carreteras y vehículos en Estados Unidos.

Tipo de vehículo	Tipo de sistema de carretera			
	Rural		Urbano	
	Interestatal	Arterial menor	Interestatal	Arterial menor
Camiones individuales				
Dos ejes, cuatro llantas	0.003	0.003	0.002	0.006
Dos ejes, seis llantas	0.21	0.28	0.17	0.23
Tres ejes o más	0.61	1.06	0.61	0.76
Semirremolques				
Cuatro ejes o menos	0.62	0.62	0.98	0.46
Cinco ejes	1.09	1.05	1.07	0.77
Seis ejes o más	1.23	1.04	1.05	0.64

Fuente: Thickness Design – Asphalt Pavements for Highways and Streets, Manual Series N° 1.9ª.

Edición, Asphalt Institute, Lexington, KY.

Los factores de camión se calculan al multiplicar el número de ejes en cada clase de peso por un “factor de equivalencia de carga” apropiado, sumar los productos para las diferentes clases de peso y dividir la suma entre el número total de vehículos incluidos. El factor de equivalencia de carga es el número de aplicaciones de carga equivalentes a 18000 libras sobre un eje sencillo, que es con lo que contribuye un vehículo de un solo eje cada vez que pasa. En la tabla 8 se dan factores típicos de equivalencia de carga.

Tabla 6: Factores típicos de equivalencia de carga

Carga bruta por eje		Ejes individuales	Ejes del remolque	Ejes de dos remolques
(KN)	(Lb)			
26.7	6000	0.01043	0.001	0.0003
44.5	10000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12000	0.189	0.014	0.003
62.3	14000	0.36	0.027	0.006
71.2	16000	0.623	0.047	0.011
80	18000	1	0.077	0.017
89	20000	1.51	0.121	0.027
97.9	22000	2.18	0.18	0.04
106.8	24000	3.03	0.26	0.057
115.6	26000	4.09	0.364	0.08
133.4	30000	6.97	0.658	0.145
151.2	34000	11.18	1.095	0.246
178	40000	21.08	2.08	0.487
222.4	50000	52.88	4.86	1.22
267	60000		9.59	2.51
311.5	70000		17.19	4.52
356	80000		29	7.45
400.3	90000		46.8	11.6

Fuente: Thickness Design – Asphalt Pavements for Highways and Streets, 9ª Edición, Manual Series N°1, Asphalt Institute, Lexington, KY.

✚ **México, según el imcyc (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto)**
Tránsito, E-18:

La aplicación del método AASTHO requiere la transformación a ejes sencillos de 82 KN o 18000 Lb (8.2 t) de los ejes de los diferentes pesos y configuraciones (sencillos, tándem y trídem) que circularan sobre el pavimento a lo largo del ciclo de proyecto. Para ello, en la Guía AASHTO se ha incluido una serie de tablas con los factores de equivalencia que dependen de diferentes aspectos como son tipo de pavimento (flexible o rígido), tipo de eje (sencillo, tándem, trídem), magnitud de la carga en el eje, índice de servicio final y, en el caso de pavimentos rígidos, espesor de la losa del pavimento. Para este caso en la Guía se presentan nueve tablas, combinando cada uno de los tres tipos de ejes con tres valores de índice de servicio final (2.0, 2.5 y 3.0).

Para determinar el número de ejes sencillos acumulados equivalentes de 82 KN o 18000 Lb (E-18, ESAL), el proyectista debe conocer las características del tránsito que circulará sobre el pavimento en el ciclo de proyecto, esto es, número y tipos de vehículos clasificados de acuerdo con una tipología determinada, cargas correspondientes a cada tipo de eje, tasa de crecimiento prevista, periodo o ciclo de proyecto, y número de carriles.

✚ **Colombia, según 3 metodologías: por conteo y pesaje de los vehículos comerciales, por el método MOPT – INGEROUTE y por el propuesto por la Universidad del Cauca.**

Con el objeto de evaluar el efecto, de un pavimento flexible, de las cargas diferentes a la estándar de 8.2 toneladas, equivalente a una tandem de 14.5 toneladas, se han determinado factores de equivalencia de carga por eje, que se han obtenido a partir de los resultados del AASHTO ROAD TEST. Los resultados obtenidos en el camino de prueba de la AASHTO, han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema de ruedas y ejes, se expresa como:

$$\text{Factor de equivalencia de carga} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^4$$

Donde P_0 = carga estándar

P_1 = carga cuya equivalencia con la estándar se desea calcular.

Determinación del Factor Camión: se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (bus o camión).

En nuestro medio son utilizadas tres metodologías para la obtención del factor camión: por conteo y pesaje de los vehículos comerciales, por el método MOPT – INGEROUTE y por el propuesto por la Universidad del Cauca.

Si bien el pesaje constituye el medio más preciso para determinar las características de equivalencia del tránsito real con respecto a ejes sencillos de 8.2 toneladas, lo costoso que resultan estos estudios impide efectuarlos para todos los diseños de pavimentos que se deban acometer. Por tanto, cuando se deba efectuar un diseño para un tramo de vía en el cual no se tengan datos sobre el pesaje quedan dos alternativas:

- 1) Tomar el valor correspondiente a una vía cerrada del cual se posea dicha información, si se considera que las características del tránsito en los dos tramos es similar.
- 2) Estimar el factor camión a través de algún otro procedimiento de tipo empírico.

Determinación del factor camión por los métodos Mopt-Ingeroute y la Universidad del Cauca

Los factores de equivalencia promedio utilizados más frecuentemente en Colombia son los objetivos por el MOPT-INGEROUTE y la Universidad del Cauca, tales valores se presentan a continuación en la tabla 9.

Tabla 7: Factores de equivalencia utilizados más frecuentemente en Colombia

tipo de vehiculo	Factores de equivalencia	
	Mopt - Ingeroute	Universidad del Cauca (1996)
C-2 pequeño		1.14
	1.4 (Prom.)	
C-2 grande		3.44
C-3	2.4	3.76
C-2 - S1		3.37
C4	3.67	6.73
C3 - S1		2.22
C2 - S2		3.42
C3 - S2	4.67	4.4
C3 - S3	5	4.72
Bus P-600		0.4
	0.2 (prom.)	
Bus P-900		1
Buseta		0.05

Fuente: Ingeniería de Pavimentos (Fundamentos, estudios básicos y diseño) de Alfonso Montejo Fonseca de la Universidad Católica de Colombia

A partir de estos valores se puede estimar el factor camión, para cualquier tramo de la red nacional de carreteras, teniendo en consecuencia que durante los conteos manuales que anualmente realiza el INV, se hace una discriminación de la manera como está compuesto el tránsito de camiones.

Determinación del Numero de ejes Equivalentes de 8.2 toneladas en el Carril de diseño y durante el periodo de diseño (N): Una vez determinado el numero acumulado de vehículos que transitaran en el carril de diseño y durante el periodo de diseño, es posible convertir esta cantidad de vehículos comerciales a ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas mediante el factor camión:

$$N = TPD * (A/100) * (B/100) * 365 * (((1+r)^n - 1) / (\ln(1+r))) * F.C.$$

TPD = Transito promedio diario inicial

A = Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones).

B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

r = Rata anual de crecimiento del tránsito.

n = Periodo de Diseño.

F.C.= Factor Camión.

Procedimiento utilizado para la determinación del Esal en el presente

Proyecto: Para la determinación del ESAL se utilizó el procedimiento de la AASTHO y la metodología preparada por el Ing. Alonso Zúñiga-Suárez de la Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, Ecuador.

3.5.1.2.- CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden en igual forma de diferente manera a igual carga. Como estas cargas producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas.

Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada según AASHO es de 80 KN o 18 Kips y la conversión se hace a través de los Factores Equivalentes de Carga **LEF** (Load Equivalent Factor).

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (pésimas condiciones).

A la diferencia entre estos dos valores se le conoce como la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) o sea el índice de serviciabilidad presente (present Serviciability Index).

Los valores que se recomienda dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes:

Tabla 8: Índice de Serviciabilidad

Índice de serviciabilidad inicial:

Po= 4.5 para pavimentos rígidos

Po= 4.2 para pavimento flexibles

Índice de serviciabilidad final:

Pt= 2.5 o más para caminos muy importantes

Pt= 2.0 para caminos de transito menor

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es un valor de apreciación con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento.

Por lo anteriormente expuesto, el factor Equivalente de Carga (**LEF**), es el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 KN y la producida por un eje estándar en el mismo eje.

$$LEF = \frac{\text{No. de ESAL's de 80 kN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{\text{No. De ejes de 80 kN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Como cada tipo de pavimento responde de manera diferente a una carga, los LEFs también cambian en función del tipo de pavimento. Por lo que, los pavimentos rígidos y flexibles tienen diferentes LEFs y que también cambia según el SN (Structural Number, numero estructural) en pavimentos flexibles y según el espesor de la losa en pavimentos rígidos, además que también cambia según el valor del índice de serviciabilidad asumido para el diseño.

Las siguientes tablas indican los diferentes LEFs para distintos tipos de cargas por eje, para distintos tipos de pavimentos y distintos índices de serviciabilidad finales.

TABLAS DE FACTORES EQUIVALENTE DE CARGA²

**Tabla 9: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples,
Pt=2.0**

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993, tablas D-1 a D-18

² AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993, tablas D-1 a D-18

Tabla 10: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, Pt=2.0

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 11: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, Pt=2.0

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
8	0.0009	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0007
10	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
12	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
14	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005
16	0.010	0.012	0.012	0.010	0.009	0.009
18	0.016	0.019	0.019	0.017	0.015	0.015
20	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
22	0.034	0.042	0.042	0.038	0.035	0.034
24	0.049	0.058	0.060	0.055	0.051	0.048
26	0.068	0.080	0.083	0.077	0.071	0.068
28	0.093	0.107	0.113	0.105	0.098	0.094
30	0.125	0.140	0.149	0.140	0.131	0.126
32	0.164	0.182	0.194	0.184	0.173	0.167
34	0.213	0.233	0.248	0.238	0.225	0.217
36	0.273	0.294	0.313	0.303	0.288	0.279
38	0.346	0.368	0.390	0.381	0.364	0.353
40	0.434	0.456	0.481	0.473	0.454	0.443
42	0.538	0.560	0.587	0.580	0.561	0.548
44	0.662	0.682	0.710	0.705	0.686	0.673
46	0.807	0.825	0.852	0.849	0.831	0.818
48	0.976	0.992	1.015	1.014	0.999	0.987
50	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	3.10	3.05	2.98	2.95	2.99	3.04
64	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	4.13	4.05	3.89	3.83	3.90	3.99
68	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	11.2	10.8	10.1	9.6	9.8	10.2
84	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	15.5	15.0	13.8	13.0	13.2	13.8
90	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 12: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
8	0.032	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.8	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112	102	79	60	53	55

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 13: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002
6	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
8	0.004	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003
10	0.008	0.013	0.011	0.009	0.007	0.006
12	0.015	0.024	0.023	0.018	0.014	0.013
14	0.026	0.041	0.042	0.033	0.027	0.024
16	0.044	0.065	0.070	0.057	0.047	0.043
18	0.070	0.097	0.109	0.092	0.077	0.070
20	0.107	0.141	0.162	0.141	0.121	0.110
22	0.160	0.198	0.229	0.207	0.180	0.166
24	0.231	0.273	0.315	0.292	0.260	0.242
26	0.327	0.370	0.420	0.401	0.364	0.342
28	0.451	0.493	0.548	0.534	0.495	0.470
30	0.611	0.648	0.703	0.695	0.658	0.633
32	0.813	0.843	0.889	0.887	0.857	0.834
34	1.06	1.08	1.11	1.11	1.09	1.08
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.75	1.73	1.69	1.68	1.70	1.73
40	2.21	2.16	2.08	2.03	2.08	2.14
42	2.76	2.67	2.49	2.43	2.51	2.61
44	3.41	3.27	2.99	2.88	3.00	3.16
46	4.18	3.98	3.58	3.40	3.55	3.79
48	5.08	4.80	4.25	3.98	4.17	4.49
50	6.12	5.76	5.03	4.64	4.86	5.28
52	7.33	6.87	5.93	5.38	5.63	6.17
54	8.72	8.14	6.95	6.22	6.47	7.15
56	10.3	9.6	8.1	7.2	7.4	8.2
58	12.1	11.3	9.4	8.2	8.4	9.4
60	14.2	13.1	10.9	9.4	9.6	10.7
62	16.5	15.3	12.6	10.7	10.8	12.1
64	19.1	17.6	14.5	12.2	12.2	13.7
66	22.1	20.3	16.6	13.8	13.7	15.4
68	26.3	23.3	18.9	15.6	15.4	17.2
70	29.0	26.6	21.5	17.6	17.2	19.2
72	33.0	30.3	24.4	19.8	19.2	21.3
74	37.5	34.4	27.6	22.2	21.3	23.6
76	42.5	38.9	31.1	24.8	23.7	26.1
78	48.0	43.9	35.0	27.8	26.2	28.8
80	54.0	49.4	39.2	30.9	29.0	31.7
82	60.6	55.4	43.9	34.4	32.0	34.8
84	67.8	61.9	49.0	38.2	35.3	38.1
86	75.7	69.1	54.5	42.3	38.8	41.7
88	84.3	76.9	60.6	46.8	42.6	45.6
90	93.7	85.4	67.1	51.7	46.8	49.7

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 14: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003
8	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
10	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
12	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003
14	0.008	0.012	0.010	0.008	0.006	0.006
16	0.012	0.019	0.018	0.013	0.011	0.010
18	0.018	0.029	0.028	0.021	0.017	0.016
20	0.027	0.042	0.042	0.032	0.027	0.024
22	0.038	0.058	0.060	0.048	0.040	0.038
24	0.053	0.078	0.084	0.068	0.057	0.051
26	0.072	0.103	0.114	0.095	0.080	0.072
28	0.098	0.133	0.151	0.128	0.109	0.099
30	0.129	0.169	0.195	0.170	0.145	0.133
32	0.169	0.213	0.247	0.220	0.191	0.175
34	0.219	0.266	0.308	0.281	0.246	0.228
36	0.279	0.329	0.379	0.352	0.313	0.292
38	0.352	0.403	0.461	0.436	0.393	0.368
40	0.439	0.491	0.554	0.533	0.487	0.459
42	0.543	0.594	0.661	0.644	0.597	0.567
44	0.666	0.714	0.781	0.769	0.723	0.692
46	0.811	0.854	0.918	0.911	0.868	0.838
48	0.979	1.015	1.072	1.069	1.033	1.005
50	1.17	1.20	1.24	1.25	1.22	1.20
52	1.40	1.41	1.44	1.44	1.43	1.41
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.93	1.90	1.90	1.91	1.93
58	2.29	2.25	2.17	2.16	2.20	2.24
60	2.67	2.60	2.48	2.44	2.51	2.58
62	3.09	3.00	2.82	2.76	2.85	2.95
64	3.57	3.44	3.19	3.10	3.22	3.36
66	4.11	3.94	3.61	3.47	3.62	3.81
68	4.71	4.49	4.06	3.88	4.05	4.30
70	5.38	5.11	4.57	4.32	4.52	4.84
72	6.12	5.79	5.13	4.80	5.03	5.41
74	6.93	6.54	5.74	5.32	5.57	6.04
76	7.84	7.37	6.41	5.88	6.15	6.71
78	8.83	8.28	7.14	6.49	6.78	7.43
80	9.92	9.28	7.95	7.15	7.45	8.21
82	11.1	10.4	8.8	7.9	8.2	9.0
84	12.4	11.6	9.8	8.6	8.9	9.9
86	13.8	12.9	10.8	9.5	9.8	10.9
88	15.4	14.3	11.9	10.4	10.6	11.9
90	17.1	15.8	13.2	11.3	11.6	12.9

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993, tablas.

Tabla 15: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt=3.0

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0008	0.0009	0.0006	0.0003	0.0002	0.0002
4	0.004	0.008	0.006	0.004	0.002	0.002
6	0.014	0.030	0.028	0.018	0.012	0.010
8	0.035	0.070	0.060	0.055	0.040	0.034
10	0.082	0.132	0.168	0.132	0.101	0.086
12	0.173	0.231	0.296	0.260	0.212	0.187
14	0.332	0.388	0.468	0.447	0.391	0.358
16	0.594	0.633	0.695	0.693	0.651	0.622
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.60	1.53	1.41	1.38	1.44	1.51
22	2.47	2.29	1.96	1.83	1.97	2.16
24	3.67	3.33	2.69	2.39	2.60	2.96
26	5.29	4.72	3.65	3.08	3.33	3.91
28	7.43	6.56	4.88	3.93	4.17	5.00
30	10.2	8.9	6.5	5.0	5.1	6.3
32	13.8	12.0	8.4	6.2	6.3	7.7
34	18.2	15.7	10.9	7.8	7.6	9.3
36	23.8	20.4	14.0	9.7	9.1	11.0
38	30.6	26.2	17.7	11.9	11.0	13.0
40	38.8	33.2	22.2	14.6	13.1	15.3
42	48.8	41.6	27.6	17.8	15.5	17.8
44	60.6	51.6	34.0	21.6	18.4	20.6
46	74.7	63.4	41.5	26.1	21.6	23.8
48	91.2	77.3	50.3	31.3	25.4	27.4
50	110.	94.	61.	37.	30.	32.

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993, tablas.

Tabla 16: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, Pt=3.0

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
4	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
6	0.003	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001
8	0.006	0.011	0.009	0.005	0.003	0.003
10	0.011	0.024	0.020	0.012	0.008	0.007
12	0.019	0.042	0.039	0.024	0.017	0.014
14	0.031	0.066	0.068	0.045	0.032	0.026
16	0.049	0.096	0.109	0.076	0.055	0.046
18	0.075	0.134	0.164	0.121	0.090	0.076
20	0.113	0.181	0.232	0.182	0.139	0.119
22	0.166	0.241	0.313	0.260	0.205	0.178
24	0.238	0.317	0.407	0.358	0.292	0.257
26	0.333	0.413	0.517	0.476	0.402	0.360
28	0.457	0.534	0.643	0.614	0.538	0.492
30	0.616	0.684	0.788	0.773	0.702	0.656
32	0.817	0.870	0.956	0.953	0.896	0.855
34	1.07	1.10	1.15	1.15	1.12	1.09
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.75	1.71	1.64	1.62	1.66	1.70
40	2.21	2.11	1.94	1.89	1.98	2.08
42	2.75	2.59	2.29	2.19	2.33	2.50
44	3.39	3.15	2.70	2.52	2.71	2.97
46	4.15	3.81	3.16	2.89	3.13	3.50
48	5.04	4.58	3.70	3.29	3.57	4.07
50	6.08	5.47	4.31	3.74	4.05	4.70
52	7.27	6.49	5.01	4.24	4.57	5.37
54	8.65	7.67	5.81	4.79	5.13	6.10
56	10.2	9.0	6.7	5.4	5.7	6.9
58	12.0	10.6	7.7	6.1	6.4	7.7
60	14.1	12.3	8.9	6.8	7.1	9.8
62	16.3	14.2	10.2	7.7	7.8	9.5
64	18.9	16.4	11.6	8.6	8.6	10.5
66	21.8	18.9	13.2	9.6	9.5	11.6
68	25.1	21.7	15.0	10.7	10.5	12.7
70	28.7	24.7	17.0	12.0	11.5	13.9
72	32.7	28.1	19.2	13.3	12.6	15.2
74	37.2	31.9	21.6	14.8	13.8	16.5
76	42.1	36.0	24.3	16.4	15.1	17.9
78	47.5	40.6	27.3	18.2	16.5	19.4
80	53.4	45.7	30.5	20.1	18.0	21.0
82	60.0	51.2	34.0	22.2	19.6	22.7
84	67.1	57.2	37.9	24.6	21.3	24.5
86	74.9	63.8	42.1	27.1	23.2	26.4
88	83.4	71.0	46.7	29.8	25.2	28.4
90	92.7	78.8	51.7	32.7	27.4	30.5

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 17: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tridem, Pt=3.0

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
8	0.003	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001
10	0.005	0.008	0.005	0.003	0.002	0.002
12	0.007	0.014	0.010	0.006	0.004	0.003
14	0.011	0.023	0.018	0.011	0.007	0.006
16	0.016	0.035	0.030	0.018	0.013	0.010
18	0.022	0.050	0.047	0.029	0.020	0.017
20	0.031	0.069	0.069	0.044	0.031	0.026
22	0.043	0.090	0.097	0.065	0.046	0.039
24	0.059	0.116	0.132	0.092	0.066	0.056
26	0.079	0.145	0.174	0.126	0.092	0.078
28	0.104	0.179	0.223	0.168	0.126	0.107
30	0.136	0.218	0.279	0.219	0.167	0.143
32	0.176	0.265	0.342	0.279	0.218	0.188
34	0.226	0.319	0.413	0.350	0.279	0.243
36	0.286	0.382	0.491	0.432	0.352	0.310
38	0.359	0.456	0.577	0.524	0.437	0.389
40	0.447	0.543	0.671	0.626	0.536	0.483
42	0.550	0.643	0.775	0.740	0.649	0.593
44	0.673	0.760	0.889	0.865	0.777	0.720
46	0.817	0.894	1.014	1.001	0.920	0.865
48	0.984	1.048	1.152	1.148	1.080	1.030
50	1.18	1.23	1.30	1.31	1.26	1.22
52	1.40	1.43	1.47	1.48	1.45	1.43
54	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	1.95	1.92	1.86	1.85	1.88	1.91
58	2.28	2.21	2.09	2.06	2.13	2.20
60	2.66	2.54	2.34	2.28	2.39	2.50
62	3.08	2.92	2.61	2.52	2.66	2.84
64	3.56	3.33	2.92	2.77	2.96	3.19
66	4.09	3.79	3.25	3.04	3.27	3.58
68	4.68	4.31	3.62	3.33	3.60	4.00
70	5.34	4.88	4.02	3.64	3.94	4.44
72	6.08	5.51	4.46	3.97	4.31	4.91
74	6.89	6.21	4.94	4.32	4.69	5.40
76	7.78	6.98	5.47	4.70	5.09	5.93
78	8.76	7.83	6.04	5.11	5.51	6.48
80	9.84	8.75	6.67	5.54	5.96	7.06
82	11.0	9.8	7.4	6.0	6.4	7.7
84	12.3	10.9	8.1	6.5	6.9	8.3
86	13.7	12.1	8.9	7.0	7.4	9.0
88	15.3	13.4	9.8	7.6	8.0	9.6
90	16.9	14.8	10.7	8.2	8.5	10.4

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993, tablas.

Tabla 18: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, Pt=2.0

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	0.087	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
12	0.186	0.180	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173	0.173
14	0.353	0.346	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336	0.336
16	0.614	0.609	0.604	0.601	0.599	0.599	0.598	0.598	0.598
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.55	1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59	1.59
22	2.32	2.32	2.35	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41	2.42
24	3.37	3.34	3.40	3.47	3.51	3.53	3.54	3.55	3.55
26	4.76	4.69	4.77	4.88	4.97	5.02	5.04	5.06	5.08
28	6.48	6.44	6.52	6.70	6.85	6.94	7.00	7.02	7.04
30	8.92	8.88	8.74	8.98	9.23	9.39	9.48	9.54	9.56
32	11.9	11.5	11.5	11.8	12.2	12.4	12.6	12.7	12.7
34	15.5	15.0	14.9	15.3	15.8	16.2	16.4	16.6	16.7
36	20.1	19.3	19.2	19.5	20.1	20.7	21.1	21.4	21.5
38	25.6	24.5	24.3	24.6	25.4	26.1	26.7	27.1	27.4
40	32.2	30.8	30.4	30.7	31.6	32.6	33.4	34.0	34.4
42	40.1	38.4	37.7	38.0	38.9	40.1	41.3	42.1	42.7
44	49.4	47.3	46.4	46.6	47.6	49.0	50.4	51.6	52.7
46	60.4	57.7	56.6	56.7	57.7	59.3	61.1	62.6	63.7
48	73.2	69.9	68.4	68.4	69.4	71.2	73.3	75.3	76.8
50	88.0	84.1	82.2	82.0	83.0	84.9	87.4	89.8	91.7

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 19: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tandem, Pt=2.0

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
6	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
8	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
10	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
12	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
14	0.051	0.049	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
16	0.087	0.084	0.082	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080
18	0.141	0.136	0.133	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131
20	0.216	0.210	0.206	0.204	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203
22	0.319	0.313	0.307	0.305	0.304	0.303	0.303	0.303	0.303
24	0.454	0.449	0.444	0.441	0.440	0.439	0.439	0.439	0.439
26	0.629	0.626	0.622	0.620	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618
28	0.852	0.851	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849	0.849
30	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	1.48	1.48	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
34	1.90	1.90	1.93	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97	1.97
36	2.42	2.41	2.45	2.49	2.51	2.52	2.53	2.53	2.53
38	3.04	3.02	3.07	3.13	3.17	3.19	3.20	3.20	3.21
40	3.79	3.74	3.80	3.89	3.95	3.98	4.00	4.01	4.01
42	4.67	4.59	4.66	4.78	4.87	4.93	4.95	4.97	4.97
44	5.72	5.59	5.67	5.82	5.95	6.03	6.07	6.09	6.10
46	6.94	6.76	6.83	7.02	7.20	7.31	7.37	7.41	7.43
48	8.36	8.12	8.17	8.40	8.63	8.79	8.88	8.93	8.96
50	10.00	9.69	9.72	9.98	10.27	10.49	10.62	10.69	10.73
52	11.9	11.5	11.5	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.8
54	14.0	13.5	13.5	13.8	14.2	14.6	14.9	15.0	15.1
56	16.5	15.9	15.8	16.1	16.6	17.1	17.4	17.6	17.7
58	19.3	18.5	18.4	18.7	19.3	19.8	20.3	20.5	20.7
60	22.4	21.5	21.3	21.6	22.3	22.9	23.5	23.8	24.0
62	25.9	24.9	24.6	24.9	25.6	26.4	27.0	27.5	27.7
64	29.9	28.6	28.2	28.5	29.3	30.2	31.0	31.6	31.9
66	34.3	32.8	32.3	32.6	33.4	34.4	35.4	36.1	36.5
68	39.2	37.5	36.8	37.1	37.9	39.1	40.2	41.1	41.6
70	44.6	42.7	41.9	42.1	42.9	44.2	45.5	46.6	47.3
72	50.6	48.4	47.5	47.6	48.5	49.9	51.4	52.6	53.5
74	57.3	54.7	53.6	53.6	54.6	56.1	57.7	59.2	60.3
76	64.6	61.7	60.4	60.3	61.2	62.8	64.7	66.4	67.7
78	72.5	69.3	67.8	67.7	68.6	70.2	72.3	74.3	75.8
80	81.3	77.6	75.9	75.7	76.6	78.3	80.6	82.8	84.7
82	90.9	86.7	84.7	84.4	85.3	87.1	89.6	92.1	94.2
84	101.	97.	94.	94.	95.	97.	99.	102.	105.
86	113.	107.	105.	104.	105.	107.	110.	113.	116.
88	125.	119.	116.	116.	118.	121.	125.	128.	131.
90	138.	132.	129.	128.	129.	131.	134.	137.	141.

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 20: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes trídems, Pt=2.0

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
6	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
8	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
10	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
12	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
14	0.018	0.017	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
16	0.030	0.029	0.028	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
18	0.047	0.045	0.044	0.044	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
20	0.072	0.069	0.067	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
22	0.105	0.101	0.099	0.098	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
24	0.149	0.144	0.141	0.139	0.139	0.138	0.138	0.138	0.138
26	0.205	0.199	0.195	0.193	0.193	0.192	0.192	0.192	0.192
28	0.276	0.270	0.265	0.263	0.262	0.262	0.262	0.262	0.261
30	0.364	0.359	0.354	0.351	0.350	0.349	0.349	0.349	0.349
32	0.472	0.468	0.463	0.460	0.459	0.458	0.458	0.458	0.458
34	0.603	0.600	0.596	0.594	0.593	0.592	0.592	0.592	0.592
36	0.759	0.758	0.757	0.756	0.755	0.755	0.755	0.755	0.755
38	0.946	0.947	0.949	0.950	0.951	0.951	0.951	0.951	0.951
40	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.19
42	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
44	1.73	1.73	1.75	1.77	1.78	1.78	1.79	1.79	1.79
46	2.08	2.07	2.10	2.13	2.15	2.16	2.16	2.16	2.17
48	2.48	2.47	2.51	2.55	2.58	2.59	2.60	2.60	2.61
50	2.95	2.92	2.97	3.03	3.07	3.09	3.10	3.11	3.11
52	3.48	3.44	3.50	3.58	3.63	3.66	3.68	3.69	3.69
54	4.09	4.03	4.09	4.20	4.27	4.31	4.33	4.35	4.35
56	4.78	4.69	4.76	4.89	4.99	5.05	5.08	5.09	5.10
58	5.57	5.44	5.51	5.66	5.79	5.87	5.91	5.94	5.95
60	6.45	6.29	6.35	6.53	6.69	6.79	6.85	6.88	6.90
62	7.43	7.23	7.28	7.49	7.69	7.82	7.90	7.94	7.97
64	8.54	8.28	8.32	8.55	8.80	8.97	9.07	9.13	9.16
66	9.76	9.46	9.48	9.73	10.02	10.24	10.37	10.44	10.48
68	11.1	10.8	10.8	11.0	11.4	11.6	11.8	11.9	12.0
70	12.6	12.2	12.2	12.5	12.8	13.2	13.4	13.5	13.6
72	14.3	13.8	13.7	14.0	14.5	14.9	15.1	15.3	15.4
74	16.1	15.5	15.4	15.7	16.2	16.7	17.0	17.2	17.3
76	18.2	17.5	17.3	17.6	18.2	18.7	19.1	19.3	19.5
78	20.4	19.6	19.4	19.7	20.3	20.9	21.4	21.7	21.8
80	22.8	21.9	21.6	21.9	22.6	23.3	23.8	24.2	24.4
82	25.4	24.4	24.1	24.4	25.0	25.8	26.5	26.9	27.2
84	28.3	27.1	26.7	27.0	27.7	28.6	29.4	29.9	30.2
86	31.4	30.1	29.6	29.9	30.7	31.6	32.5	33.1	33.5
88	34.8	33.3	32.8	33.0	33.8	34.8	35.8	36.6	37.1
90	38.5	36.8	36.2	36.4	37.2	38.3	39.4	40.3	40.9

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 21: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8	0.039	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	0.097	0.089	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080
12	0.203	0.189	0.181	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173
14	0.376	0.360	0.347	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336
16	0.634	0.623	0.610	0.604	0.601	0.599	0.599	0.599	0.598
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.51	1.52	1.55	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59
22	2.21	2.20	2.28	2.34	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41
24	3.16	3.10	3.22	3.36	3.45	3.50	3.53	3.54	3.55
26	4.41	4.26	4.42	4.67	4.85	4.95	5.01	5.04	5.05
28	6.05	5.76	5.92	6.29	6.61	6.81	6.92	6.98	7.01
30	8.16	7.67	7.79	8.28	8.79	9.14	9.35	9.46	9.52
32	10.8	10.1	10.1	10.7	11.4	12.0	12.3	12.6	12.7
34	14.1	13.0	12.9	13.6	14.6	15.4	16.0	16.4	16.5
36	18.2	16.7	16.4	17.1	18.3	19.5	20.4	21.0	21.3
38	23.1	21.1	20.6	21.3	22.7	24.3	25.6	26.4	27.0
40	29.1	26.5	25.7	26.3	27.9	29.9	31.6	32.9	33.7
42	36.2	32.9	31.7	32.2	34.0	36.3	38.7	40.4	41.6
44	44.6	40.4	38.8	39.2	41.0	43.8	46.7	49.1	50.8
46	54.5	49.3	47.1	47.3	49.2	52.3	55.9	59.0	61.4
48	66.1	59.7	56.9	56.8	58.7	62.1	66.3	70.3	73.4
50	79.4	71.7	68.2	67.8	69.6	73.3	78.1	83.0	87.1

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993, tablas.

Tabla 22: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
8	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
10	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
12	0.031	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
14	0.057	0.052	0.049	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
16	0.097	0.089	0.084	0.082	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080
18	0.155	0.143	0.136	0.133	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131
20	0.234	0.220	0.211	0.206	0.204	0.203	0.203	0.203	0.203
22	0.340	0.325	0.313	0.308	0.305	0.304	0.303	0.303	0.303
24	0.475	0.462	0.450	0.444	0.441	0.440	0.439	0.439	0.439
26	0.644	0.637	0.627	0.622	0.620	0.619	0.618	0.618	0.618
28	0.855	0.854	0.852	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849
30	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	1.43	1.44	1.47	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51
34	1.82	1.82	1.87	1.92	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97
36	2.29	2.27	2.35	2.43	2.48	2.51	2.52	2.52	2.53
38	2.85	2.80	2.91	3.03	3.12	3.16	3.18	3.20	3.20
40	3.52	3.42	3.55	3.74	3.87	3.94	3.98	4.00	4.01
42	4.32	4.16	4.30	4.55	4.74	4.86	4.91	4.95	4.96
44	5.26	5.01	5.16	5.48	5.75	5.92	6.01	6.06	6.09
46	6.36	6.01	6.14	6.53	6.90	7.14	7.28	7.36	7.40
48	7.64	7.16	7.27	7.73	8.21	8.55	8.75	8.86	8.92
50	9.11	8.50	8.55	9.07	9.68	10.14	10.42	10.58	10.66
52	10.8	10.0	10.0	10.6	11.3	11.9	12.3	12.5	12.7
54	12.8	11.8	11.7	12.3	13.2	13.9	14.5	14.8	14.9
56	15.0	13.8	13.6	14.2	15.2	16.2	16.8	17.3	17.5
58	17.5	16.0	15.7	16.3	17.5	18.6	19.5	20.1	20.4
60	20.3	18.5	18.1	18.7	20.0	21.4	22.5	23.2	23.6
62	23.5	21.4	20.8	21.4	22.8	24.4	25.7	26.7	27.3
64	27.0	24.6	23.8	24.4	25.8	27.7	29.3	30.5	31.3
66	31.0	28.1	27.1	27.6	29.2	31.3	33.2	34.7	35.7
68	35.4	32.1	30.9	31.3	32.9	35.2	37.5	39.3	40.5
70	40.3	36.5	35.0	35.3	37.0	39.5	42.1	44.3	45.9
72	45.7	41.4	39.6	39.8	41.5	44.2	47.2	49.8	51.7
74	51.7	46.7	44.6	44.7	46.4	49.3	52.7	55.7	58.0
76	58.3	52.6	50.2	50.1	51.8	54.9	58.6	62.1	64.8
78	65.5	59.1	56.3	56.1	57.7	60.9	65.0	69.0	72.3
80	73.4	66.2	62.9	62.5	64.2	67.5	71.9	76.4	80.2
82	82.0	73.9	70.2	69.6	71.2	74.7	79.4	84.4	88.8
84	91.4	82.4	78.1	77.3	78.9	82.4	87.4	93.0	98.1
86	102.	92.	87.	86.	87.	91.	96.	102.	108.
88	113.	102.	96.	95.	96.	100.	105.	112.	119.
90	125.	112.	106.	105.	106.	110.	115.	123.	130.

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 23: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tridem, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
10	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
12	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
14	0.020	0.018	0.017	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
16	0.033	0.030	0.029	0.028	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
18	0.053	0.048	0.045	0.044	0.044	0.043	0.043	0.043	0.043
20	0.080	0.073	0.069	0.067	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
22	0.116	0.107	0.101	0.099	0.098	0.097	0.097	0.097	0.097
24	0.163	0.151	0.144	0.141	0.139	0.139	0.138	0.138	0.138
26	0.222	0.209	0.200	0.195	0.194	0.193	0.192	0.192	0.192
28	0.295	0.281	0.271	0.265	0.263	0.262	0.262	0.262	0.262
30	0.384	0.371	0.359	0.354	0.351	0.350	0.349	0.349	0.349
32	0.490	0.480	0.468	0.463	0.460	0.459	0.458	0.458	0.458
34	0.616	0.609	0.601	0.596	0.594	0.593	0.592	0.592	0.592
36	0.765	0.762	0.759	0.757	0.756	0.755	0.755	0.755	0.755
38	0.939	0.941	0.946	0.948	0.950	0.951	0.951	0.951	0.951
40	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
42	1.38	1.38	1.41	1.44	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46
44	1.65	1.65	1.70	1.74	1.77	1.78	1.78	1.78	1.79
46	1.97	1.96	2.03	2.09	2.13	2.15	2.16	2.16	2.16
48	2.34	2.31	2.40	2.49	2.55	2.58	2.59	2.60	2.60
50	2.76	2.71	2.81	2.94	3.02	3.07	3.09	3.10	3.11
52	3.24	3.15	3.27	3.44	3.56	3.62	3.66	3.68	3.68
54	3.79	3.66	3.79	4.00	4.16	4.26	4.30	4.33	4.34
56	4.41	4.23	4.37	4.63	4.84	4.97	5.03	5.07	5.09
58	5.12	4.87	5.00	5.32	5.59	5.76	5.85	5.90	5.93
60	5.91	5.59	5.71	6.08	6.42	6.64	6.77	6.84	6.87
62	6.80	6.39	6.50	6.91	7.33	7.62	7.79	7.88	7.93
64	7.79	7.29	7.37	7.82	8.33	8.70	8.92	9.04	9.11
66	8.90	8.28	8.33	8.83	9.42	9.88	10.17	10.33	10.42
68	10.1	9.4	9.4	9.9	10.6	11.2	11.5	11.7	11.9
70	11.5	10.6	10.6	11.1	11.9	12.6	13.0	13.3	13.5
72	13.0	12.0	11.8	12.4	13.3	14.1	14.7	15.0	15.2
74	14.6	13.5	13.2	13.8	14.8	15.8	16.5	16.9	17.1
76	16.5	15.1	14.8	15.4	16.5	17.6	18.4	18.9	19.2
78	18.5	16.9	16.5	17.1	18.2	19.5	20.5	21.1	21.5
80	20.6	18.8	18.3	18.9	20.2	21.6	22.7	23.5	24.0
82	23.0	21.0	20.3	20.9	22.2	23.8	25.2	26.1	26.7
84	25.6	23.3	22.5	23.1	24.5	26.2	27.8	28.9	29.6
86	28.4	25.8	24.9	25.4	26.9	28.8	30.5	31.9	32.8
88	31.5	28.6	27.5	27.9	29.4	31.5	33.5	35.1	36.1
90	34.8	31.5	30.7	30.7	32.2	34.4	36.7	38.5	39.8

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 24: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, Pt=3.0

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.014	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8	0.045	0.038	0.034	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	0.111	0.095	0.087	0.083	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080
12	0.228	0.202	0.188	0.179	0.176	0.174	0.174	0.174	0.173
14	0.408	0.378	0.355	0.344	0.340	0.337	0.337	0.337	0.337
16	0.660	0.640	0.619	0.608	0.603	0.600	0.599	0.599	0.599
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.46	1.47	1.52	1.55	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59
22	2.07	2.06	2.18	2.29	2.35	2.38	2.40	2.41	2.41
24	2.90	2.81	3.00	3.23	3.38	3.47	3.51	3.53	3.54
26	4.00	3.77	4.01	4.40	4.70	4.87	4.98	5.01	5.04
28	5.43	4.99	5.23	5.80	6.31	6.65	6.83	6.93	6.98
30	7.27	6.53	6.72	7.46	8.25	8.83	9.17	9.36	9.46
32	9.59	8.47	8.53	9.42	10.54	11.44	12.03	12.37	12.56
34	12.5	10.9	10.7	11.7	13.2	14.5	15.5	16.0	16.4
36	16.0	13.8	13.4	14.4	16.2	18.1	19.5	20.4	21.0
38	20.4	17.4	16.7	17.7	19.8	22.2	24.2	25.6	26.4
40	25.6	21.8	20.6	21.5	23.8	26.8	29.5	31.5	32.9
42	31.8	26.9	25.3	26.0	28.5	32.0	35.5	38.4	40.3
44	39.2	33.1	30.8	31.3	33.9	37.9	42.3	46.1	48.8
46	47.8	40.3	37.2	37.5	40.1	44.5	49.8	54.7	58.5
48	57.9	48.6	44.8	44.7	47.3	52.1	58.2	64.3	69.4
50	69.6	58.4	53.6	53.1	55.6	60.6	67.6	75.0	81.4

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 25: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem, Pt=3.0

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0007	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
8	0.008	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
10	0.018	0.015	0.013	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012
12	0.036	0.030	0.027	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025
14	0.066	0.056	0.050	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
16	0.111	0.095	0.087	0.083	0.081	0.081	0.081	0.081	0.080
18	0.174	0.153	0.140	0.135	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131
20	0.260	0.234	0.217	0.209	0.205	0.204	0.203	0.203	0.203
22	0.368	0.341	0.321	0.311	0.307	0.305	0.304	0.303	0.303
24	0.502	0.479	0.458	0.447	0.443	0.440	0.440	0.439	0.439
26	0.664	0.651	0.634	0.625	0.621	0.619	0.618	0.618	0.618
28	0.859	0.857	0.853	0.851	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849
30	1.09	1.10	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	1.38	1.38	1.44	1.47	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51
34	1.72	1.71	1.80	1.88	1.93	1.95	1.96	1.97	1.97
36	2.13	2.10	2.23	2.36	2.45	2.49	2.51	2.52	2.52
38	2.62	2.54	2.71	2.92	3.06	3.13	3.17	3.19	3.20
40	3.21	3.05	3.26	3.55	3.76	3.89	3.95	3.98	4.00
42	3.90	3.65	3.87	4.26	4.58	4.77	4.87	4.92	4.95
44	4.72	4.35	4.57	5.06	5.50	5.78	5.94	6.02	6.06
46	5.68	5.16	5.38	5.95	6.54	6.94	7.17	7.29	7.36
48	6.80	6.10	6.25	6.93	7.69	8.24	8.57	8.76	8.86
50	8.09	7.17	7.26	8.03	8.96	9.70	10.17	10.43	10.58
52	9.57	8.41	8.40	9.24	10.36	11.32	11.96	12.33	12.54
54	11.3	9.8	9.7	10.6	11.9	13.1	14.0	14.5	14.8
56	13.2	11.4	11.2	12.1	13.6	15.1	16.2	16.9	17.3
58	15.4	13.2	12.8	13.7	15.4	17.2	18.6	19.5	20.1
60	17.9	15.3	14.7	15.6	17.4	19.5	21.3	22.5	23.2
62	20.6	17.6	16.8	17.6	19.6	22.0	24.1	25.7	26.6
64	23.7	20.2	19.1	19.9	22.0	24.7	27.3	29.2	30.4
66	27.2	23.1	21.7	22.4	24.6	27.6	30.6	33.0	34.6
68	31.1	26.3	24.6	25.2	27.4	30.8	34.3	37.1	39.2
70	35.4	29.8	27.8	28.2	30.6	34.2	38.2	41.6	44.1
72	40.1	33.8	31.3	31.6	34.0	37.9	42.3	46.4	49.4
74	45.3	38.1	35.2	35.4	37.7	41.8	46.8	51.5	55.2
76	51.1	42.9	39.5	39.5	41.8	46.1	51.5	56.9	61.3
78	57.4	48.2	44.3	44.0	46.3	50.7	56.5	62.7	67.9
80	64.3	53.9	49.4	48.9	51.1	55.8	62.1	68.9	74.9
82	71.8	60.2	55.1	54.3	56.5	61.2	67.9	75.5	82.4
84	80.0	67.0	61.2	60.2	62.2	67.0	74.2	82.4	90.3
86	89.0	74.5	67.9	66.5	68.5	73.4	80.8	89.8	98.7
88	98.7	82.5	75.2	73.5	75.3	80.2	88.0	97.7	107.5
90	109.	91.	83.	81.	83.	88.	96.	106.	117.

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

Tabla 26: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes trídém, $P_t=3.0$

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
10	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
12	0.013	0.011	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
14	0.023	0.02	0.018	0.017	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
16	0.039	0.033	0.030	0.028	0.028	0.027	0.027	0.027	0.027
18	0.061	0.052	0.047	0.045	0.044	0.044	0.043	0.043	0.043
20	0.091	0.078	0.071	0.068	0.067	0.066	0.066	0.066	0.066
22	0.132	0.114	0.104	0.100	0.098	0.097	0.097	0.097	0.097
24	0.183	0.161	0.148	0.143	0.140	0.139	0.139	0.138	0.138
26	0.246	0.221	0.205	0.198	0.195	0.193	0.193	0.192	0.192
28	0.322	0.296	0.277	0.268	0.265	0.263	0.262	0.262	0.262
30	0.411	0.387	0.367	0.357	0.353	0.351	0.350	0.349	0.349
32	0.515	0.495	0.476	0.466	0.462	0.460	0.459	0.458	0.458
34	0.634	0.622	0.607	0.599	0.595	0.594	0.593	0.592	0.592
36	0.772	0.768	0.762	0.759	0.756	0.756	0.755	0.755	0.755
38	0.930	0.934	0.942	0.947	0.949	0.950	0.951	0.951	0.951
40	1.11	1.12	1.15	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
42	1.32	1.33	1.38	1.42	1.44	1.45	1.46	1.46	1.46
44	1.56	1.56	1.64	1.71	1.75	1.77	1.78	1.78	1.78
46	1.84	1.83	1.94	2.04	2.10	2.14	2.15	2.16	2.16
48	2.16	2.12	2.26	2.41	2.51	2.56	2.58	2.59	2.60
50	2.53	2.45	2.61	2.82	2.96	3.03	3.07	3.09	3.10
52	2.95	2.82	3.01	3.27	3.47	3.58	3.63	3.66	3.68
54	3.43	3.23	3.43	3.77	4.03	4.18	4.27	4.31	4.33
56	3.98	3.70	3.90	4.31	4.65	4.86	4.98	5.04	5.07
58	4.59	4.22	4.42	4.90	5.34	5.62	5.78	5.86	5.90
60	5.28	4.80	4.99	5.54	6.08	6.45	6.66	6.78	6.84
62	6.06	5.45	5.61	6.23	6.89	7.36	7.64	7.80	7.88
64	6.92	6.18	6.29	6.98	7.76	8.36	8.72	8.93	9.04
66	7.89	6.98	7.05	7.78	8.70	9.44	9.91	10.18	10.33
68	8.96	7.88	7.87	8.66	9.71	10.61	11.20	11.55	11.75
70	10.2	8.9	8.8	9.6	10.8	11.9	12.6	13.1	13.3
72	11.5	10.0	9.8	10.6	12.0	13.2	14.1	14.7	15.0
74	12.9	11.2	10.9	11.7	13.2	14.7	15.8	16.5	16.9
76	14.5	12.5	12.1	12.9	14.5	16.2	17.5	18.4	18.9
78	16.2	13.9	13.4	14.2	15.9	17.8	19.4	20.5	21.1
80	18.2	15.5	14.8	15.6	17.4	19.6	21.4	22.7	23.5
82	20.2	17.2	16.4	17.2	19.1	21.4	23.5	25.1	26.1
84	22.5	19.1	18.1	18.8	20.8	23.4	25.8	27.6	28.8
86	25.0	21.2	19.9	20.6	22.6	25.5	28.2	30.4	31.8
88	27.6	23.4	21.9	22.5	24.6	27.7	30.7	33.2	35.0
90	30.5	25.8	24.1	24.6	26.8	30.0	33.4	36.3	38.3

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993.

El eje delantero no fue incluido en el desarrollo de los Factores Equivalentes de AASHTO, sin embargo, estudios realizados indican que el daño que causa el eje delantero no es muy significativo. Uno de los estudios mostro para pavimentos flexibles que el daño promedio de los ejes delanteros fue del 2.10% para ahuellamiento; 0.13% para fisuración y 1.31% para serviciabilidad (kenis y Cobb1990), por este motivo, eliminar los ejes delanteros no resulta en un efecto serio para el diseño.

3.5.1.3.- EQUIVALENCIAS DE CARGA POR VEHÍCULO

El método más utilizado para estimar el transito con fines de diseño de pavimentos consiste en convertir las repeticiones esperadas del tránsito real a un numero de aplicaciones del eje de referencia normalizado (80KN) que producirían el mismo deterioro en el pavimento.

Debido de la reducida magnitud delas cargas por eje de los vehículos livianos, estas se suelen ignorar en los cómputos de transito con fines de diseño de pavimentos.

Figura 7: Equivalencia De Carga



Fuente: Módulo 4 "Caracterización del tránsito" ing. Fernando Sánchez Sabogal

3.5.1.3.1.- FACTOR CAMIÓN

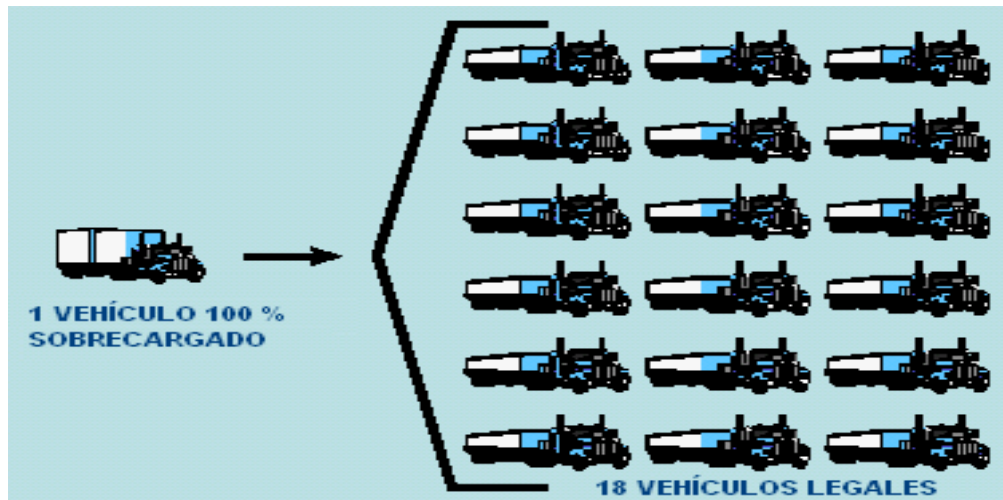
Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes estándar de 80 KN, correspondiente al paso de un vehículo. El factor camión se puede obtener por pesaje. El peso es un método costoso para proyectos pequeños; por lo tanto, cuando se deba

efectuar el diseño para un tramo de vía en la cual no se tengan datos sobre el pesaje quedan dos alternativas:

- Asumir el factor camión conocido de una vía cuyas características sean similares.
- Estimar el factor camión por algún método empírico.

El valor numérico del factor camión está relacionado directamente con la intensidad de la sobrecarga vehicular.

Figura 8: Efectos De La Sobre Carga Vehicular



Fuente: Módulo 4 "Caracterización del tránsito" ing. Fernando Sánchez Sabogal

Figura 9: Efectos De La Sobre Carga Vehicular Sobre El Pavimento



Fuente: Módulo 4 "Caracterización del tránsito" ing. Fernando Sánchez Sabogal

3.5.1.3.1.1.- ESTIMACIÓN DEL FACTOR CAMIÓN PARA EL CASO EN QUE NO PUEDEN PESARSE LOS CAMIONES

En nuestro país, tal como ha sido señalado en varias oportunidades anteriores, puede ocurrir que la información de tránsito no está disponible, o no puede ser actualizada fácilmente. El Ingeniero siempre podrá realizar conteos clasificados, aun cuando sea por el método visual, pero si no dispone de balanzas evidentemente no podrá pesar los vehículos. Esta situación es muy común en nuestro país.

Esta situación puede presentarse, por otra parte, cuando se requiere una estimación rápida del número de cargas equivalentes aproximadas, para realizar la determinación de los espesores de un pavimento a los fines de anteproyecto, o de decisiones administrativas de programación de inversiones anuales.

Para lograr en estos casos la determinación de los valores del Factor Camión, el proyectista podrá utilizar una de varias tablas que proporcionan valores de FC en función de ciertos niveles de información, los cuales se señalan en cada tabla en particular.

Es indudable que, mientras sea posible, deberá recurrirse al procedimiento de calcular el valor del FC en función de la información de la distribución de Frecuencia de Ejes por Rangos de Cargas, y en el caso de que tal hecho no pueda ser logrado, el proyectista deberá aplicar su criterio para hacer la mejor selección de aquella tabla que mejor representa el nivel de información de que pueda disponer. Se recomienda en estos casos, el tratar de realizar al menos conteos de número y tipos de vehículos, ya que los valores así obtenidos podrá ser comparado con los de las diversas tablas y tomar la decisión más conveniente, aplicando el buen juicio ingenieril y la experiencia personal.

3.6. DETERIOROS DE LOS PAVIMENTOS EN VÍAS URBANAS

A través de una evaluación Funcional y estructural de los pavimentos, se dará a conocer las causas y deterioros más comunes en los pavimentos en vías urbanas.

En La evaluación estructural del pavimento, que tiene por objeto la cuantificación de la capacidad estructural remanente del pavimento. La falta de capacidad estructural de un pavimento genera en este un deterioro progresivo que se manifiesta en niveles excesivos de agrietamientos y deformaciones, no recuperables a través de la simple aplicación de acciones de conservación preventivas.

Las razones por las cuales se presentan los diferentes deterioros y por la cual la capacidad estructural de un pavimento requiere ser reforzada pueden deberse a una o más de las siguientes causas:

- ✚ Pavimento cercano a cumplir su vida de diseño. Los ejes equivalentes acumulados han alcanzado los límites considerados en el diseño original.
- ✚ Se proyectó un espesor de diseño insuficiente. Un espesor de proyecto insuficiente se puede relacionar con algunas de las siguientes causas.
 - * Tránsito de diseño subestimado.
 - * Emplear parámetros de diseño no representativos tales como; resistencia subrasante, resistencia capas estructurales, condiciones de drenaje, juntas de traspaso de cargas (hormigón), estratigrafías de carga, etc.
- ✚ Calidad de la construcción. Aun estando bien diseñado un pavimento la mala calidad de la construcción puede minorar substancialmente la capacidad estructural de un pavimento.
- ✚ Conservación, aun estando bien diseñado y construido un pavimento la inadecuada conservación de la estructura y sistema de drenajes del pavimento, pueden provocar el deterioro acelerado de este.
- ✚ Fiscalización: La inadecuada fiscalización de las vías urbanas trae como consecuencia un mal uso de los pavimentos y un aumento de las sobrecargas

En La evaluación funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos

factores que afectan negativamente a la serviciabilidad, seguridad y costos del usuario. Entre este tipo de deficiencias se encuentran las fallas superficiales.

3.6.1. Fallas Superficiales:

Son aquellos defectos que se manifiestan en la superficie del pavimento, y son medibles sin la necesidad de equipos especiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la serviciabilidad del pavimento, sin embargo su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro. Es importante por lo tanto, efectuar un adecuado reconocimiento y cuantificación de estas fallas. Esto se realiza mediante una inspección visual.

Entre los defectos que son convenientes identificar y cuantificar conjuntamente con las medidas de rugosidad se cuentan:

Tabla 27: Tipos De Fallas En Los Pavimentos

Tipo de Falla	Asfalto	Hormigón
Fisuras y grietas	X	X
Baches	X	X
Asentamientos	X	X
Fallas en las Juntas		X
Desconchamiento		X
Desgaste Superficial		X
Escalonamiento		X
Perdida de Arido	X	
Peladuras	X	
Ahuellamiento	X	
Exudación	X	

Fuente: Evaluación Técnica Del Pavimento Y Comparación De Métodos De Diseño De Capas De Refuerzo Asfáltico, Por Guillermo Thenoux Z. Y Rodrigo Gaete P.

3.6.1.1. Análisis, Clasificación y cuantificación de los deterioros del pavimento³

El inventario de los daños visibles es, generalmente, el primero de un conjunto de pasos necesarios para evaluar la condición global de un pavimento. Esta información es la que determina la localización y extensión de las investigaciones posteriores, con el fin de establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento que es objeto de la evaluación.

Existen muchos tipos de degradaciones en los pavimentos asfálticos y diferentes niveles de gravedad para cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores:

- 1) **Tipo.** Las degradaciones se agrupan esencialmente en categorías, de acuerdo con los mecanismos que las originan. Como un primer paso, se pueden clasificar de acuerdo con su causa primaria posible, sea esta la acción del tránsito, sea la acción climática sean los materiales de construcción o debilidades del suelo de sub rasante, como se resume en la tabla 30.

Es preciso tener en cuenta, sin embargo, que a la luz de las exigencias y necesidades del usuario actual, pueden presentarse otras características indeseables, distintas de las relacionadas en la tabla. Deficiencias tales como el excesivo nivel de ruido que afecta a los residentes vecinos a la vía o las propiedades ópticas inadecuadas, que afectan a los usuarios, pueden ser el resultado de una inadecuada selección de materiales de construcción, pero también pueden originarse en el desgaste o polución de la superficie de rodamiento y de la señalización horizontal.

Otra manera de clasificar las fallas, es de acuerdo con la relación que ellas tengan con el comportamiento estructural del pavimento. Bajo esta perspectiva, se distinguen dos casos límite: fallas estructurales y fallas funcionales.

³ Ingeniería de Pavimentos (Evaluación estructural, obras de mejoramiento y nuevas tecnologías) por Alfonso Montejo Fonseca, Universidad Católica De Colombia.

Las fallas estructurales comprenden aquellos defectos de la superficie cuyo origen es la degradación de una o más capas constitutivas de la calzada, en una magnitud tal, que se pueda considerar que se ha vencido el periodo de diseño de la estructura en las zonas afectadas. Las funcionales, que pueden estar acompañadas o no de las anteriores, comprenden defectos asociados fundamentalmente a la capa asfáltica superficial que, aunque no guardan relación con el comportamiento estructural de la calzada, si le impiden cumplir la función prevista sin causar peligros o incomodidades a los usuarios.

- 2) **Gravedad.** Representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, mas importantes deberán ser la medidas para su corrección.
- 3) **Extensión.** Se refiere el área o longitud del tramo evaluado, que es afectada por un determinado tipo de deterioro. La extensión de algunos daños se define por el número de veces en que se presenta.

Tabla 28: Clasificación general de los deterioros de los pavimentos asfálticos

clase	tipo de deterioro	causado originalmente por el tránsito	causado originalmente por los materiales o el clima
Agrietamientos	Agrietamiento por fatiga (grietas longitudinales y piel de cocodrilo).	X	
	Agrietamiento en bloque.		X
	Agrietamientos de borde.		X
	Agrietamiento longitudinal (no de fatiga)		X
	Agrietamiento transvrsal.		X
	Grietas parabólicas.		X
Deformaciones	Ahuellamiento.	X	
	Abultamiento.		X
	Depresiones (baches).		X
	Desplazamientos de borde.		X
	Deterioro de parches.	X	
	Expansiones.		X
Desprendimientos	Separación entre calzada y berma.		X
	Pulimento de agregados.	X	
	Ojos de pescado.	X	
	Descascaramiento.		X
	Pérdida de película de ligante.		X
	Pérdida de agregado.		X
Afloramientos	Exudación.		X
	Afloramiento de agua.		X
	Afloramiento de finos.		X
Otros deterioros	Desintegración de los bordes del pavimento.	X	
	Escalonamiento entre calzada y berma.		X
	Erosión de las bermas.		X

Fuente: Instituto Nacional de Vías. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. Bogotá, 2002.

Cualquier procedimiento de evaluación de deterioros que ignore siquiera uno de estos tres factores, no brindara la información adecuada para establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento. No obstante, no existe un criterio universal para la valoración de cada uno de estos factores, razón por la cual se presentan diferencias, a veces importantes, entre los criterios adoptados por una u otra agencia.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

4. APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN TÉCNICA

4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VÍAS DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA

Tarija se extiende sobre una pequeña planicie conformada por la cuenca del río Guadalquivir, sobre una superficie aproximada de 9 km de largo por 5 km. de ancho.

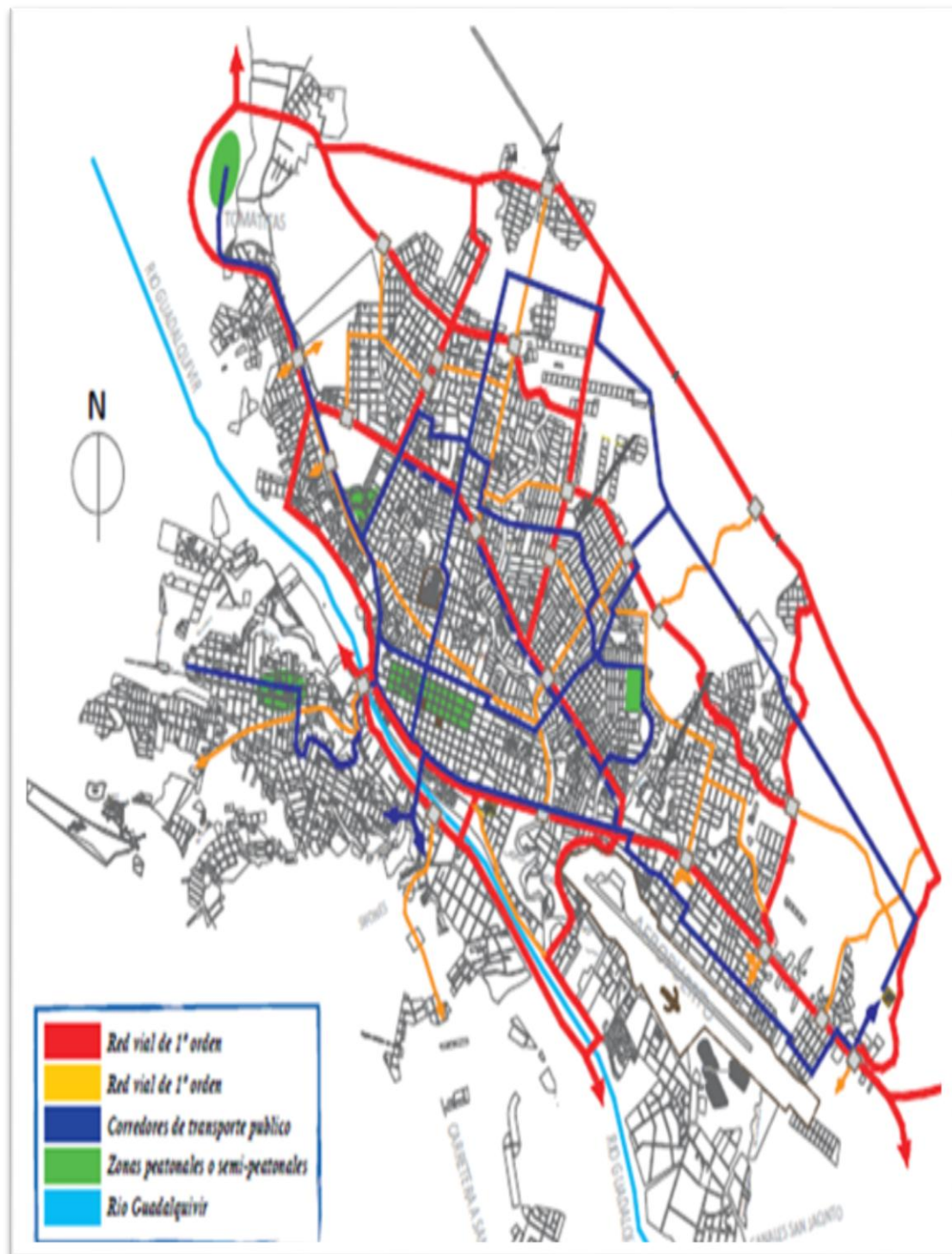
La ciudad en su mayoría es bastante plana y solamente interrumpida por dos pequeñas colinas que son la Loma y Senac.

La ciudad de Tarija tiene un crecimiento rápido, espontáneo, y poco densa. En la actualidad, Tarija es la segunda ciudad con mayor crecimiento demográfico de todo el país (después de Cobija). Cifras preliminares del censo 2012, muestran que Tarija creció de cerca de un 40% entre 2001 y la actualidad, y hoy en día su población urbana supera los 215.000 habitantes.

El crecimiento de la mancha urbana, se efectuó de manera espontánea y poca planificada. El resultado de esto fue la construcción de una ciudad extensa, y que creció muy rápidamente en el plano vertical.

Las consecuencias de este modelo “*extensivo*” de ciudad, hacen que sea una ciudad poco densa, y por lo tanto poco sostenible, ya que las distancias de desplazamiento son mayores. Este tipo de ciudad incita al uso del automóvil porque los desplazamientos a pie son difíciles por las largas distancias y que el transporte público de gran capacidad no es muy rentable.

Figura 1: Plano De La Ciudad De Tarija



Fuente: PROMUT (Programa Municipal de Transporte)

4.1.1.1. VÍAS EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE TARIJA

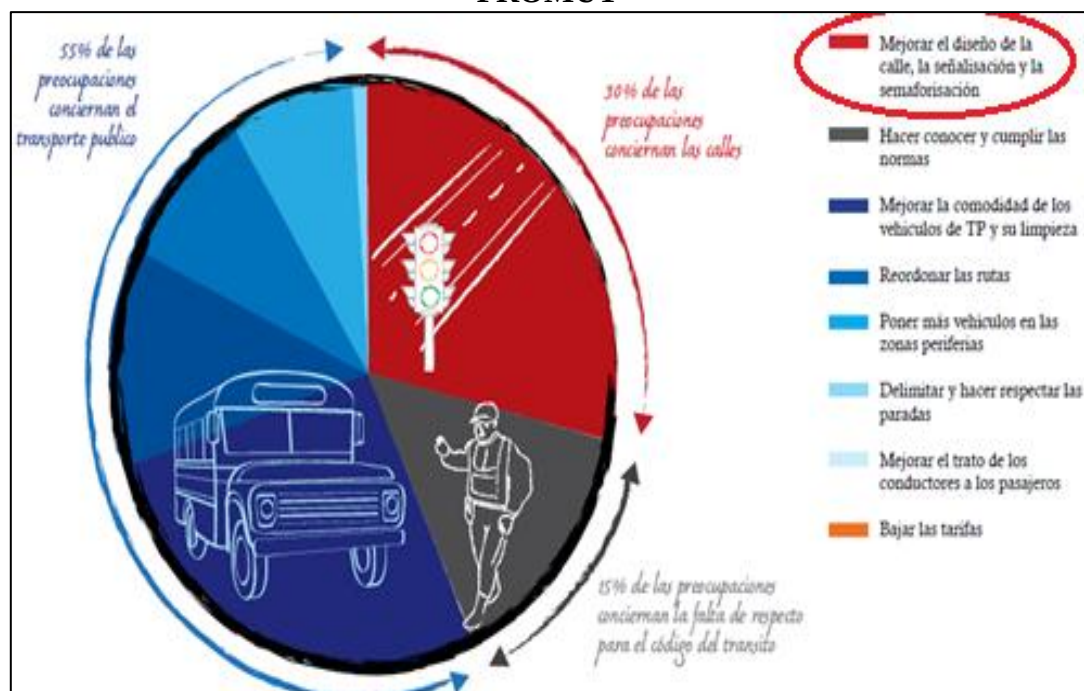
El centro de la ciudad de Tarija, ocupa apenas el 5% del total del espacio urbano, y concentra a más del 50% de las actividades y empleos (escuelas, administración, servicios, equipamiento de salud, etc.). Fuera del casco antiguo, los dos principales generadores de desplazamiento son el mercado campesino y la zona aledaña al campus universitario/ terminal de buses. En el resto de la ciudad, contamos con pocas zonas de actividades.

Estos desequilibrios obligan a los tarijeños a desplazarse hasta el centro para trabajar, realizar un trámite o ir al banco. Pero también, la concentración de actividades en el centro conlleva a mayúsculos conflictos relacionados al tráfico.

En hora pico, particularmente al medio día, vemos importantes cantidades de vehículos, que se concentran en las estrechas calles del centro, generando trancadera.

En Una de las preocupaciones recurrentes de los tarijeños según encuestas realizadas por PROMUT (400 personas), es el mal estado de calles y avenidas.

Figura 2: Preocupaciones recurrentes de los Tarijeños según encuesta de PROMUT



Fuente: encuesta PROMUT (400 personas)

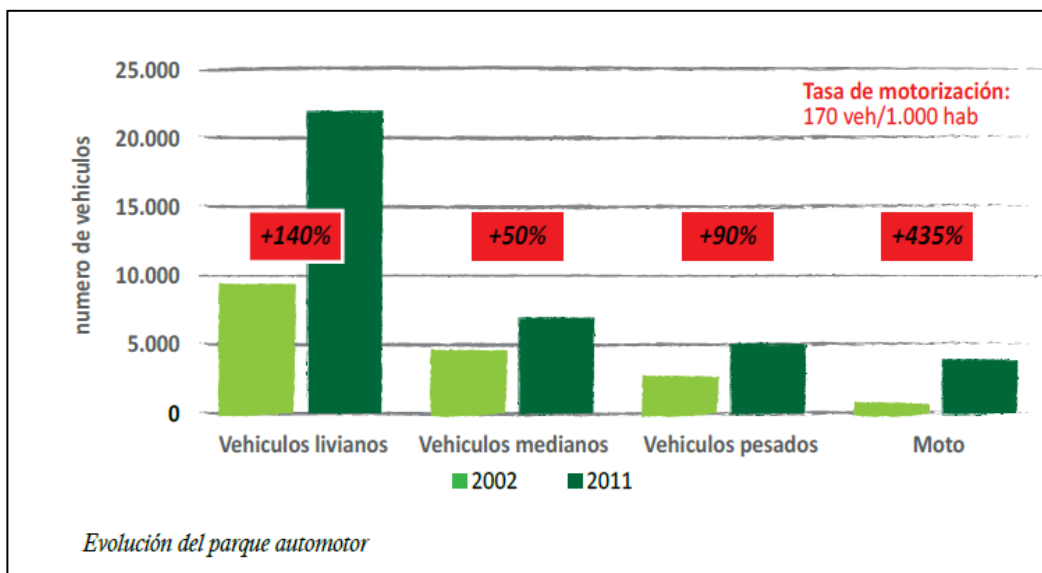
4.1.2. EL PARQUE AUTOMOTOR Y EL TRÁFICO EN EL MUNICIPIO DE TARIJA

El parque automotor del municipio de Tarija, estaba constituido en 2011 de 34.000 vehículos de cuatro-ruedas, además de unas 4.000 motocicletas declaradas oficialmente. Según el RUAT, la tasa de motorización oficial del municipio de Tarija es de 170 vehículos (4 ruedas) cada 1.000 habitantes, esta tasa de motorización está por encima de la tasa promedio para las zonas urbanas bolivianas (145 vehículos/1000 habitantes).

La mayoría del parque automotor está constituido de vehículos livianos, sobre todo de tipo “*vagoneta*”. En efecto son 46% de los hogares que poseen un vehículo o más, 45% que no disponen ni de auto ni de moto y 9% que poseen solamente una moto.

La evolución del parque automotor desde 2002 (ver gráfico). Globalmente el parque duplico entre 2002 y 2011 pasando de 16.000 vehículos (4R) a 34.000.

Figura 3: Evolución Del Parque Automotor



Fuente: PROMUT (Programa municipal de transporte)

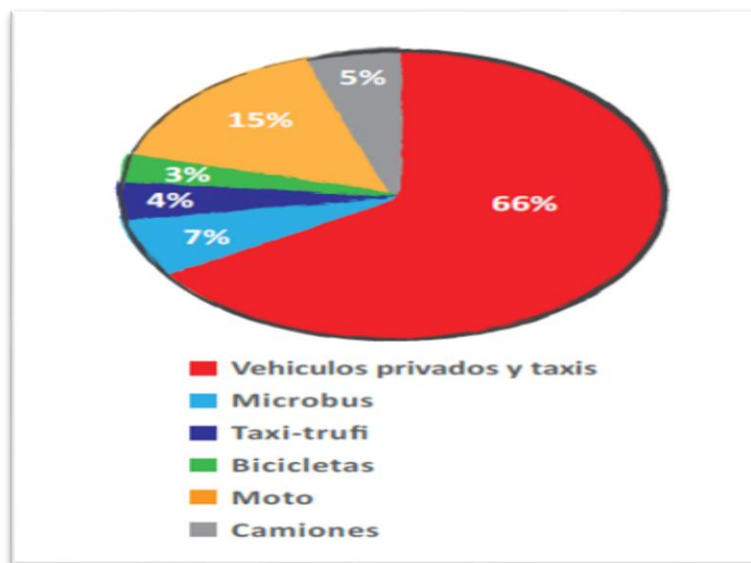
La mayor parte de este incremento se debe a los vehículos livianos, mostrando bien el acceso al vehículo particular para numerosas familias.

Dos tercio de los vehículos en circulación en las calles son autos privados o taxis.

La segunda parte más importante es la de las motos que representan 15% de los vehículos en circulación (y 10% del parque automotor oficial).

El transporte público representa solamente 11% de todos los vehículos que circulan.

Figura 4: Composición Del Tráfico



Fuente: PROMUT (Programa municipal de transporte)

El crecimiento y desarrollo que ha presentado el departamento de Tarija en los últimos años ha trascendido en la convergencia del flujo del tránsito hacia algunas vías colectoras, ocasionando que éstas al aumentar de importancia creen la necesidad de ser prolongadas.

Estas razones despiertan el interés de hacer un análisis y de realizar proyecciones del tránsito con base en aforos realizados en la zona.

4.2. ESTUDIO DE VOLÚMENES DE TRÁFICO

4.2.1. UBICACIÓN DE LAS VÍAS URBANAS DE ESTUDIO:

Por la importancia de las vías urbanas tomando en cuenta su ubicación y su flujo vehicular, se escogieron las siguientes:

Figura 5: Vías Urbanas De Estudio



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1: Vías Urbanas de estudio

N°	CALLE	ENTRE	
1	C/ Bolívar	Av. La Paz	O´Connor
2	C/ Cochabamba	Daniel Campos	Colón
3	C/ Cochabamba	Colón	Daniel Campos
4	C/Gral. Trigo	Corrado	Av. Domingo Paz
5	C/ Gral. Trigo	Crevaux	Cochabamba
6	C/ Gral. Trigo	La Madrid	15De Abril
7	C/ Colón	Corrado	Cochabamba
8	C/ Colón	Virginio Lema	15 De Abril
9	C/ 15 De Abril	Colón	Suipacha
10	C/Suipacha	La Madrid	15 De Abril
11	C/Suipacha	Corrado	Av. Domingo Paz
12	C/Sucre	Virginio Lema	15 De Abril
13	C/Sucre	Bolivar	Av. Domingo Paz
14	C/Daniel Campos	Corrado	Av. Domingo Paz
15	Av/ Domingo Paz	Sucre	Daniel Campos
16	Av/ Domingo Paz	Suipacha	Mendez
17	C/ Méndez	Bolivar	Av. Domingo Paz
18	C/Santa Cruz		Av. Potosi
19	Av/Potosí	Santa Cruz	Junin
20	Av/Potosí	Junin	Santa Cruz
21	C/Junín	Av. Domingo Paz	Av. Potosi
22	C/ O´Connor	Av. Domingo Paz	Bolivar
23	Av/ La Paz	Oruro	Bolivar
24	Av/ La Paz	Bolivar	Oruro
25	Av/ La Paz	Delfin Pino	Av. Belgrano
26	Av/ La Paz	Ingavi	Av. Belgrano
27	Av/Belgrano	Av. La Paz	Eulogio Ruiz
28	Av/Belgrano	Eulogio Ruiz	Av. La Paz
29	C/ España	Delfin Pino	Av. Belgrano
30	C/ España	Ingavi	Av. Belgrano

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.1. ESTACIONES DE CONTROL

El objetivo de los conteos de tráfico en diferentes calles de la ciudad de Tarija es el establecer una comparación del comportamiento del tráfico.

Para realizar los conteos se han escogido las estaciones de control en las diferentes calles de la ciudad de Tarija (ver figura N° 21) tomando en cuenta lo siguiente:

- ✚ El sector vial debe tener un estado uniforme
- ✚ Debe ser representativo de la vía
- ✚ Debe contar con facilidades logísticas

Figura 6: Gráfico de ubicación de las Estaciones de control



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. MEDICIONES Y AFOROS

4.2.2.1. AFOROS CONTINUOS DE 24 HORAS

El aforo vehicular se realizó por el método de conteos visuales, el cual fue escogido por no contar con equipos y por razones de tiempo y de carencia de recursos.

Este método nos permite no solo determinar el total de vehículos que circulan por el punto de medición, sino que se obtiene un "conteo clasificado" ya que se contabiliza el número de cada tipo de vehículo que pasa por esa sección durante el tiempo de la medición.

Los conteos pudieron realizarse completamente como se planificó desde las 7:00 am hasta las 19:00pm. Estos conteos se realizaron en lapsos de 12 horas en jornadas diurnas y no durante las noches, debido principalmente a que el volumen de tráfico es menos representativo y también tomando en cuenta las condiciones de seguridad, cansancio, baja supervisión y guía cuando se realizan el conteo.

La clasificación vehicular tomando en cuenta a los tipos de vehículos de mayor frecuencia correspondió a: autos, vagonetas, jeep, camionetas, minibús, microbús, camiones de dos ejes y otros.

A continuación se muestra el aforo vehicular y el comportamiento de tráfico de una calle, y en el anexo 1 se muestran las planillas de aforo y graficas del comportamiento del tráfico de las 30 calles de estudio.

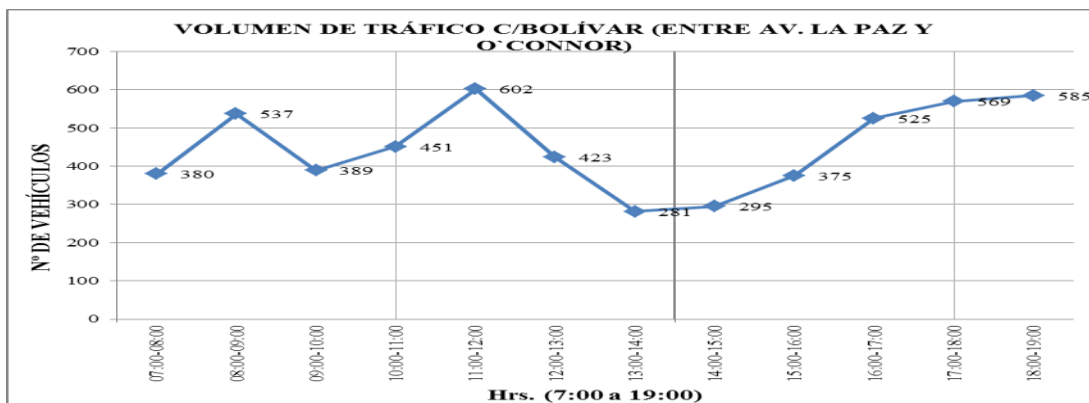
Tabla 2: Aforo vehicular (para determinar las horas pico)

AFORO VEHICULAR										
CALLE:	Bolívar (Av/ La Paz - O`Connor)					FECHA				Martes 27/08/2013
SENTIDO: 1										
HORA:	07:00 - 19:00									
HORAS	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS	VOLUMEN TOTAL	
					 7 a 15 asientos	 16 a 21 asientos	 dos ejes	 dos ejes		
07:00-08:00	240	34	20	27	5	53	1	0	380	
08:00-09:00	357	60	10	32	9	64	5	0	537	
09:00-10:00	216	64	12	32	7	54	4	0	389	
10:00-11:00	277	47	17	46	4	56	4	0	451	
11:00-12:00	361	84	26	63	5	62	1	0	602	
12:00-13:00	223	53	16	41	4	84	2	0	423	
13:00-14:00	174	28	6	13	6	53	0	1	281	
14:00-15:00	177	27	4	36	1	44	6	0	295	
15:00-16:00	220	47	11	33	0	62	2	0	375	
16:00-17:00	311	65	30	40	0	67	12	0	525	
17:00-18:00	350	81	13	44	0	74	7	0	569	
18:00-19:00	349	78	27	55	6	67	3	0	585	

Fuente: Elaboración Propia

Según el aforo realizado en las diferentes calles se pudo determinar que en la mayoría de ellas, las horas pico de mayor flujo vehicular son: de 08:00 a 09:00, 11:00 a 12:00 y de 18:00-19:00, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 7: Comportamiento del Tráfico



Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2. AFOROS DE HORAS PICO

Este aforo se realizó en dos días hábiles (lunes a viernes) y un día no hábil (sábado o domingo) de una semana en horas pico durante un mes.

A continuación se muestra una planilla que se utilizó para los aforos en horas pico de una calle, y en el anexo 2 se muestran las planillas de aforo vehicular (horas pico) de las 30 calles de estudio.

Tabla 3: Aforo Vehicular (horas pico)

AFORO VEHICULAR (HORAS PICO)								
CALLE: Bolívar (Av/ La Paz - O`Connor)								
SENTIDO: 1								
PRIMERA SEMANA								
						FECHA:	Martes 03/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	312	65	24	38	2	79	0	
11:00-12:00	241	57	20	33	7	72	1	
18:00-19:00	349	78	27	55	6	67	4	
						FECHA:	Viernes 06/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	366	52	22	42	10	68	2	
11:00-12:00	285	45	21	31	5	73	0	
18:00-19:00	352	63	26	49	3	65	1	
						FECHA:	Sábado 07/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	136	24	7	20	1	61	3	
11:00-12:00	364	72	12	42	6	64	5	
18:00-19:00	332	59	13	33	0	57	12	

Continúa.....

SEGUNDA SEMANA

						FECHA:	Martes 10/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	322	68	24	40	0	93	0	
11:00-12:00	288	88	2	42	3	52	2	
18:00-19:00	320	96	4	8	0	76	6	
						FECHA:	Viernes 13/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	340	72	32	36	0	68	0	
11:00-12:00	297	84	6	36	2	56	1	
18:00-19:00	300	64	14	48	0	48	2	
						FECHA:	Sábado 14/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	128	26	5	17	1	59	1	
11:00-12:00	224	44	0	20	2	72	0	
18:00-19:00	328	54	8	29	0	54	8	

TERCERA SEMANA

						FECHA:	Martes 17/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	246	54	20	43	0	84	0	
11:00-12:00	220	72	0	46	1	52	2	
18:00-19:00	380	72	24	36	0	56	4	
						FECHA:	Viernes 20/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	241	52	18	42	1	87	2	
11:00-12:00	231	68	6	54	2	49	1	
18:00-19:00	372	68	12	44	0	48	0	
						FECHA:	Sábado 21/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
					7 a 15 asientos	dosejes 16 a 21asientos	dosejes	
08:00-09:00	128	17	5	28	1	55	2	
11:00-12:00	374	69	8	45	4	66	3	
18:00-19:00	315	44	8	37		61	4	

Continúa.....

CUARTA SEMANA								
						FECHA:	Martes 24/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
						dosejes	dosejes	
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos		
08:00-09:00	308	76	20	32	1	72	0	
11:00-12:00	229	66	7	38	2	52	2	
18:00-19:00	332	72	52	68	0	68	6	
						FECHA:	Viernes 27/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
						dosejes	dosejes	
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos		
08:00-09:00	312	74	18	28	1	68	1	
11:00-12:00	231	55	9	41	0	56	1	
18:00-19:00	348	128	24	44	0	68	1	
						FECHA:	Sábado 28/09/2013	
HORA:	AUTOMOVILES	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	OTROS
						dosejes	dosejes	
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos		
08:00-09:00	204	32	8	31	0	57	2	
11:00-12:00	368	57	7	38	2	64	2	
18:00-19:00	322	86	6	38	0	59	3	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS AFOROS OBTENIDOS Y DEPURACIÓN DE DATOS

Después de haber obtenido los aforos correspondientes se procede a realizar las depuraciones. Estas depuraciones son necesarias para poder optimizar los datos obtenidos de los aforos, y así poder incrementar la calidad de información obtenida.

A continuación se muestra un ejemplo del procedimiento del análisis estadístico de los Aforos obtenidos y depuración de datos de una calle, de las demás restantes calles se muestran en el Anexo 3.

Tabla 4: Análisis Estadísticos De Los Aforos Obtenidos Y Depuración De Datos

CALLE: Bolívar (AV/ La Paz - C/O'Connor)

HORA PICO: 08:00-09:00

SEMANAS	MARTES							VIERNES						
	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dos ejes 6 ruedas					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dos ejes 6 ruedas
1° SEMANA	312	65	24	38	2	79	0	366	52	22	42	10	68	2
2° SEMANA	322	68	24	40	0	93	0	340	72	32	36	0	68	0
3° SEMANA	246	54	20	43	0	84	0	241	52	18	42	1	87	2
4° SEMANA	308	76	20	32	1	72	0	312	74	18	28	1	68	1
PRIMERA DEPURACIÓN														
MEDIA	297	66	22	38	1	82	0	315	63	23	37	3	73	1
DES V.	35	9	2	5	1	9	0	54	12	7	7	5	10	1
MED+DES V	332	75	24	43	2	91	0	369	75	29	44	8	82	2
MED-DES V	262	57	20	34	0	73	0	261	50	16	30	-2	63	0
VERDADERO														
MEDIA	314	67	22	40	1	82	0	339	63	19	40	1	68	1
SÁBADO														
SEMANAS	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN							
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dos ejes 6 ruedas							
1° SEMANA	136	24	7	20	1	61	3							
2° SEMANA	128	26	5	17	1	59	1							
3° SEMANA	128	17	5	28	1	55	2							
4° SEMANA	204	32	8	31	0	57	2							
PRIMERA DEPURACIÓN														
MEDIA	149	25	6	24	1	58	2							
DES V.	37	6	2	7	1	3	1							
MED+DES V	186	31	8	31	1	61	3							
MED-DES V	112	19	5	17	0	55	1							
VERDADERO														
MEDIA	131	25	6	24	1	58	2							

Continúa.....

HORA PICO: 11:00-12:00

S E M A N A S	MARTES							VIERNES						
	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dos ejes 6 ruedas					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dos ejes 6 ruedas
1° S E M A N A	241	57	20	33	7	72	1	285	45	21	31	5	73	0
2° S E M A N A	288	88	2	42	3	52	2	297	84	6	36	2	56	1
3° S E M A N A	220	72	0	46	1	52	2	231	68	6	54	2	49	1
4° S E M A N A	229	66	7	38	2	52	2	231	55	9	41	0	56	1
PRIMERA DEPURACION														
MEDIA	245	71	7	40	3	57	2	261	63	11	41	2	59	1
DES V.	30	13	9	6	3	10	1	35	17	7	10	2	10	1
MED+DES V	275	84	16	45	6	67	2	296	80	18	50	4	69	1
MED-DES V	214	58	-2	34	1	47	1	226	46	3	31	0	48	0
VERDADERO														
MEDIA	230	69	7	40	2	52	2	249	62	7	36	1	54	1
SÁBADO														
S E M A N A S	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN							
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dos ejes 6 ruedas							
1° S E M A N A	364	72	12	42	6	64	5							
2° S E M A N A	224	44	0	20	2	72	0							
3° S E M A N A	374	69	8	45	4	66	3							
4° S E M A N A	368	57	7	38	2	64	2							
PRIMERA DEPURACIÓN														
MEDIA	333	61	7	36	4	67	3							
DES V.	72	13	5	11	2	4	2							
MED+DES V	405	73	12	47	5	70	5							
MED-DES V	260	48	2	25	2	63	0							
VERDADERO														
MEDIA	369	66	9	42	3	65	3							

Continúa.....

HORA PICO: 18:00-19:00

SEMANAS	MARTES							VIERNES						
	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dosejes 6 ruedas					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dosejes 6 ruedas
1° SEMANA	349	78	27	55	6	67	4	352	63	26	49	3	65	1
2° SEMANA	320	96	4	8	0	76	6	300	64	14	48	0	48	2
3° SEMANA	380	72	24	36	0	56	4	372	68	12	44	0	48	0
4° SEMANA	332	72	52	68	0	68	6	348	128	24	44	0	68	1
PRIMERA DEPURACIÓN														
MEDIA	345	80	27	42	2	67	5	343	81	19	46	1	57	1
DES V.	26	11	20	26	3	8	1	31	32	7	3	2	11	1
MED+DES V	371	91	46	68	5	75	6	374	112	26	49	2	68	2
MED-DES V	319	68	7	16	-2	59	4	312	49	12	44	-1	46	0
VERDADERO														
MEDIA	334	74	26	53	0	68	5	357	65	19	46	0	57	1
SEMANAS	SÁBADO													
	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN							
					7 a 15 asientos	16 a 21 asientos	dosejes 6 ruedas							
1° SEMANA	332	59	13	33	0	57	12							
2° SEMANA	328	54	8	29	0	54	8							
3° SEMANA	315	44	8	37	0	61	4							
4° SEMANA	322	86	6	38	0	59	3							
PRIMERA DEPURACIÓN														
MEDIA	324	61	9	34	0	58	7							
DES V.	7	18	3	4	0	3	4							
MED+DES V	332	79	12	38	0	61	11							
MED-DES V	317	43	6	30	0	55	3							
VERDADERO														
MEDIA	327	52	7	36	0	59	5							

Fuente: Elaboración Propia

En la hora pico de 8:00 – 9:00 tenemos los aforos correspondientes de cada día durante las cuatro semanas del mes, con esto pasamos a realizar el cálculo de la media de todos los martes, viernes (días hábiles) y sábado (día no hábil) durante un mes.

Como segundo paso calculamos la desviación para posteriormente obtener la media más la desviación y la media menos la desviación con esto adquirimos nuestro rango de cantidad máxima y mínima de vehículos y los que no se encuentran dentro de este rango son eliminados como se muestra (con color amarillo) en la tabla anterior, después de la depuración procedemos a sacar nuevamente la media de los valores que se encuentran dentro del rango.

Y es así que realizamos el mismo procedimiento para la hora pico de 11:00 – 12:00 y de 18:00 – 19:00.

Con todas estas medias depuradas obtenidas en las diferentes horas pico obtenemos una tabla resumen (tabla N° 35), donde se puede apreciar el volumen horario de cada hora pico de los dos días hábiles y el día no hábil.

Con estos datos volvemos a sacar una media de las tres horas pico del día para cada tipo de vehículo y de los mismos volvimos a sacar la media y obtenemos la siguiente tabla de resultados (T.P.H.).

Tabla 5: Resumen Obtenida De La Depuración De Datos

HORA PICO	MARTES							VIERNES						
	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
					7 a 15 asientos	16 a 21asientos	dos ejes 6 ruedas					7 a 15 asientos	16 a 21asientos	dos ejes 6 ruedas
08:00 - 09:00	314	67	22	40	1	82	0	339	63	19	40	1	68	1
11:00 - 12:00	230	69	7	40	2	52	2	249	62	7	36	1	54	1
18:00 - 19:00	334	74	26	53	0	68	5	357	65	19	46	0	57	1
MEDIA	293	70	18	44	1	67	2	315	63	15	41	1	60	1
HORA PICO	SÁBADO													
	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN							
					7 a 15 asientos	16 a 21asientos	dos ejes 6 ruedas							
08:00 - 09:00	131	25	6	24	1	58	2							
11:00 - 12:00	369	66	9	42	3	65	3							
18:00 - 19:00	327	52	7	36	0	59	5							
MEDIA	276	48	8	34	1	61	3							

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: Resultados (T.P.H.)

AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
				7 a 15 asientos	16 a 21asientos	dos ejes 6 ruedas
294	60	14	40	1	62	2

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.4. TRÁFICO PROMEDIO HORARIO (T.P.H.)

Tabla 7: Resultados de (T.P.H.) de las 30 calles

TABLA DE RESULTADOS (T.P.H.)									
Nº	CALLE	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUSES	MICROBUSES	CAMIÓN	TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O'Connor)	294	60	14	40	1	62	2	474
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	252	37	17	37	3	20	2	368
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	191	25	10	26	3	13	1	268
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	182	23	11	16	3	19	0	254
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	261	25	6	19	1	19	0	332
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	330	96	23	54	0	0	0	503
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	230	25	3	24	1	32	1	316
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	262	56	12	34	1	20	1	385
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	307	84	22	51	1	23	1	490
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	273	51	24	32	0	13	1	394
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	264	43	10	27	0	23	0	367
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	263	59	12	36	0	0	0	371
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	203	21	3	14	0	2	0	243
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo P	234	41	9	25	0	29	0	337
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	229	23	3	11	0	104	0	371
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	234	29	12	17	1	92	1	385
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	293	71	17	40	2	31	0	454
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potos	464	54	9	46	2	7	3	585
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	482	60	15	50	1	1	2	612
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	412	64	16	54	1	19	1	568
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	358	60	18	44	2	20	2	504
22	C/ O'Connor (Domingo Paz- Bolivar)	445	64	22	66	3	21	5	626
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	307	35	20	40	2	60	4	469
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	315	34	15	39	2	54	3	462
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	250	22	3	17	0	37	0	329
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	341	36	11	37	0	42	2	470
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	282	49	12	38	1	37	1	420
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	198	30	10	25	1	44	1	309
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	290	63	14	45	0	80	1	493
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	119	13	6	9	0	20	0	167

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.5. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO

Mediante la fórmula obtenida del libro de “Vías De Comunicación de Carlos Crespo Villalaz” se obtiene el T.P.D.

$$T.P.H. = (12\% \text{ al } 15\%)T.P.D.$$

Despejando el T.P.D y teniendo el Trafico Horario calculamos el Trafico Promedio Diario.

Tomando un 15% = 0.15 debido a que analizaremos la situación más crítica existente y se obtiene los siguientes resultados:

$$T.P.D. = \frac{T.P.H.}{0.15}$$

Tabla 8: Resultados (T.P.D.) de las 30 calles

TABLA DE RESULTADOS (T.P.D.)									
Nº	CALLE	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUSES	MICROBUSES	CAMIÓN	TOTAL
1	C/ Bolivar (entre Av/ La Paz y O`Connor)	1963	401	91	265	6	416	15	3157
2	C/Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1683	247	116	247	18	131	12	2454
3	C/Cochabamba (Colón - Daniel Campos)	1273	163	67	174	17	85	7	1786
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	1211	156	72	108	19	127	2	1695
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	1741	169	40	126	4	128	1	2210
6	C/ Gral. Trigo (entre La Madrid y 15 De Abril)	2200	637	152	362	1	0	0	3353
7	C/ Colón (entre Corrado y Cochabamba)	1531	165	23	162	4	214	5	2104
8	C/ Colón (entre Virginio Lema - 15 De Abril)	1747	370	81	224	8	133	6	2569
9	C/ 15 De Abril (ente Colón y Suipacha)	2047	562	146	337	7	156	9	3264
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	1823	341	161	210	3	86	4	2629
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	1758	284	64	180	2	156	2	2447
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	1753	392	80	242	1	2	3	2474
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	1352	140	19	93	1	17	0	1622
14	C/Daniel Campos (Corrado - Av/Domingo Paz)	1558	274	59	169	0	190	0	2250
15	Av/ Domingo Paz (Sucre y Daniel Campos)	1525	155	23	74	2	691	0	2471
16	Av/ Domingo Paz (entre Suipacha y Mendez)	1560	193	77	113	5	612	7	2567
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	1955	475	113	264	12	205	2	3026
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	3096	358	62	306	12	45	19	3898
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	3215	400	102	335	7	5	13	4079
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	2748	426	109	360	9	129	7	3788
21	C/Junin (entre Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	2386	400	121	292	16	131	11	3357
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	2965	427	144	441	21	139	34	4172
23	Av/ La Paz (entre Oruro y Bolivar)	2045	233	137	268	14	402	25	3124
24	Av/ La Paz (entre Bolivar y Oruro)	2102	224	100	261	14	358	18	3077
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1664	145	19	115	0	246	2	2192
26	Av/ La Paz (entre Ingavi - Av/ Belgrano)	2276	242	71	247	1	283	15	3135
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1880	325	82	254	4	248	6	2799
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	1323	201	66	166	8	290	6	2060
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1934	420	92	300	0	533	9	3287
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	793	85	39	63	1	132	1	1113

Fuente: Elaboración Propia

4.3. ÍNDICE DE CRECIMIENTO PARA EL TRÁFICO EN ESTUDIO

4.3.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CRECIMIENTO SEGÚN EL PARQUE AUTOMOTOR

Para la determinación del índice de crecimiento se utilizaron datos de Estadísticas del Parque Automotor 1998-2012 del INE, los cuales se muestran en el anexo 4.

Tabla 9: Parque automotor por Municipio, clase de vehículo, (1998-2012)

TARIJA: PARQUE AUTOMOTOR POR MUNICIPIO, CLASE DE VEHÍCULO, 1998 - 2012 (En número de vehículos)															
MUNICIPIO/VEHICULO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tarija															
Automóvil	1414	4049	4940	5081	5140	5260	5526	5649	6100	6985	7664	8197	8824	9423	9928
Camión	590	1661	2160	2243	2280	2355	2649	2817	3049	3684	4318	4612	4747	5035	5315
Camioneta	1062	2489	3073	3212	3272	3386	3609	3695	3836	4220	4638	4987	5318	5786	6287
Jeep	341	735	932	981	990	1037	1119	1154	1291	1431	1515	1581	1634	1741	1801
Microbús	147	540	689	703	705	725	770	780	805	862	938	981	1014	1015	1039
Minibús	71	257	313	327	326	339	387	401	410	460	412	566	619	680	730
Vagoneta	689	2059	2704	2815	2858	2986	3328	3578	4588	6671	8684	9979	11011	12592	13458

Fuente: Elaboración Propia

Para la determinación del índice de crecimiento se toma en cuenta los registros de los últimos 6 años por observar variaciones considerables en los años restantes. Y aplicando la siguiente relación se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 40).

$$i = \frac{\text{Parque automotor}(n+1) - \text{Parque automotor}(n)}{\text{parque automotor}(n+1)} * 100$$

Tabla 10: Resultados "Índice De Crecimiento Según El Parque Automotor"

AÑO	i(auto móvil)	i(camión)	i(camioneta)	i(Jeep)	i(Microbús)	i(Minibús)	i(Vagoneta)
2007-2008	8.860	14.683	8.860	5.545	8.102	-11.650	23.181
2008-2009	6.502	6.375	6.998	4.175	4.383	27.208	12.977
2009-2010	7.106	2.844	6.224	3.244	3.254	8.562	9.372
2010-2011	6.357	5.720	8.088	6.146	3.254	8.971	12.556
2011-2012	5.087	5.268	7.969	3.331	2.310	6.849	6.435
Media	6.782	6.978	7.628	4.488	4.261	7.988	12.904

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CRECIMIENTO SEGÚN EL USO DE COMBUSTIBLE

Para la determinación del índice de crecimiento del tránsito se utilizaron datos de Estadísticas del Parque Automotor 1998-2012 del INE (Instituto Nacional de Estadística).

Tabla 11: Datos del parque automotor según el uso de Combustible

TIPO DE SERVICIO/ VEHÍCULO/USO DE COMBUSTIBLE	2008	2009	2010	2011	2012
PARTICULAR					
Automóvil	9,358	10,015	10,786	11,555	12,229
Camión	5,159	5,463	5,642	5,943	6,173
Camioneta	6,573	6,975	7,433	8,036	8,547
Jeep	1,949	2,019	2,101	2,198	2,272
Microbús	885	893	924	953	1,006
Minibús	698	758	849	937	1,002
Vagoneta	13,464	15,640	17,496	19,819	21,092
PUBLICO					
Automóvil	318	323	325	321	313
Camión	538	554	568	593	590
Camioneta	81	80	79	76	72
Jeep	1	1	1	1	1
Microbús	332	379	386	386	390
Minibús	71	81	77	77	85
Vagoneta	277	293	300	294	320
OFICIAL					
Automóvil	3	3	3	3	13
Camión	158	193	200	197	323
Camioneta	170	195	210	254	406
Jeep	36	50	50	68	67
Microbús	2	2	2	2	2
Minibús	4	4	4	5	5
Vagoneta	104	114	122	129	179

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla 41 el INE nos proporciona datos por separado según el tipo de servicio por lo cual se procede a la sumatoria de estos considerando el tipo de vehículo, de lo cual se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 12: Resumen De (Públicos +Privados +Oficial)

TIPO DE SERVICIO/ VEHÍCULO/USO DE COMBUSTIBLE	2008	2009	2010	2011	2012
Auto móvil	9679	10341	11114	11879	12555
Camión	5855	6210	6410	6733	7086
Camioneta	6824	7250	7722	8366	9025
Jeep	1986	2070	2152	2267	2340
Microbús	1219	1274	1312	1341	1398
Minibús	773	843	930	1019	1092
Vagoneta	13845	16047	17918	20242	21591

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos de la tabla 42 se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 13: Resultados “Índice De Crecimiento Según El Uso De Combustible”

AÑO	i(auto móvil)	i(camión)	i(camioneta)	i(Jeep)	i(Microbús)	i(Minibús)	i(Vagoneta)
2008-2009	6.402	5.717	5.876	4.058	4.317	8.304	13.722
2009-2010	6.955	3.120	6.112	3.810	2.896	9.355	10.442
2010-2011	6.440	4.797	7.698	5.073	2.163	8.734	11.481
2011-2012	5.384	4.982	7.302	3.120	4.077	6.685	6.685
Media	6.295	4.654	6.747	4.015	3.363	8.269	10.583

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3. ÍNDICE DE CRECIMIENTO PARA TODO EL TRÁFICO EN ESTUDIO

A continuación se muestran (tabla 44) datos Obtenidos de las Estadísticas del Parque Automotor 1998-2012 del INE, con los cuales se obtuvieron el índice de crecimiento para todo el tráfico en estudio (tabla 45).

Tabla 14: Datos del Parque Automotor del Municipio de Tarija

TARIJA: PARQUE AUTOMOTOR POR MUNICIPIO, CLASE DE VEHÍCULO, 2007 - 2012 (En número de vehículos)						
MUNICIPIO/VEHICULO	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tarija						
Auto móvil	6985	7664	8197	8824	9423	9928
Camión	3684	4318	4612	4747	5035	5315
Camioneta	4220	4638	4987	5318	5786	6287
Jeep	1431	1515	1581	1634	1741	1801
Microbús	862	938	981	1014	1015	1039
Minibús	460	412	566	619	680	730
Vagoneta	6671	8684	9979	11011	12592	13458
	24313	28169	30903	33167	36272	38558

Fuente: Elaboración Propia

$$i = \frac{\text{Parque automotor}(n+1) - \text{Parque automotor}(n)}{\text{parque automotor}(n)} * 100$$

Tabla 15: índice de crecimiento para todo el tráfico en estudio

AÑO	i
2008-2009	8.847
2009-2010	6.826
2010-2011	8.560
2011-2012	5.929
Media	8

Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE CRECIMIENTO

Tabla 16: Resultados Índice De Crecimiento

REFERENCIA	i(auto móvil)	i(camión)	i(camioneta)	i(Jeep)	i(Microbús)	i(Minibús)	i(Vagoneta)
Parque Automotor	6.782	6.978	7.628	4.488	4.261	7.988	12.904
Uso de combustible	6.295	4.654	6.747	4.015	3.363	8.269	10.583
MEDIA	6.539	5.816	7.187	4.252	3.812	8.129	11.743
índice de crecimiento para todo el tráfico						8%	

Fuente: Elaboración Propia

Para la realización de este proyecto se utilizaran los índices de crecimiento, dependiendo del tipo de vehículo porque estos resultados son más representativos ya que se considera que va a aumentar o disminuir más que los otros.

4.4. FACTOR DE CRECIMIENTO DE TRANSITO

Con la ayuda de la tabla 4 (Página 36) se determinó el factor de crecimiento para cada tipo de vehículo con las siguientes variables:

PAVIMENTO FLEXIBLE:

Tasa de crecimiento: se consideró la tasa de crecimiento (tabla 46) para cada tipo de vehículo.

Periodo de análisis: Según el punto 3.2 para un pavimento flexible y por la importancia de las vías se consideró 15 años.

PAVIMENTO RÍGIDO:

Tasa de crecimiento: se consideró la tasa de crecimiento (tabla 46) para cada tipo de vehículo.

Periodo de análisis: Según el punto 3.2 para un pavimento rígido se consideró 20 años.

A Continuación se muestra un ejemplo del procedimiento para la determinación del factor de crecimiento:

 PARA PAVIMENTO FLEXIBLE:

Factor De Crecimiento Para Autos:

Tabla 17: Factores de crecimiento de tránsito

Periodo de análisis	Factor sin crecimiento	Tasa de crecimiento anual (g) (en %)						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.56	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, 2002.

Entrando a la tabla con un periodo de diseño de 10 años y la tasa de crecimiento se determina el factor de crecimiento.

Tasa de crecimiento 6.539

6 23.28

6.539 X

7 25.13

X= 24.2772

Se siguió el mismo procedimiento para los restantes vehículos cuyos resultados se muestran en la tabla 48:

Tabla 18: Factores de crecimiento de cada vehículo en estudio

VEHICULO	F.C.
AUTOS	24.2772
VAGONETAS	35.7963
JEEP	20.4131
CAMIONETAS	25.5077
MINIBUS	27.4480
MICROBUS	19.7634
CAMION	22.9672

Fuente: Elaboración Propia

PARA PAVIMENTO RÍGIDO:

Factor De Crecimiento Para Autos:

Tabla 19: Factores de crecimiento de tránsito (para autos)

Período de análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual (g) (en %)						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.76	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: AASHTO Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, 2002.

Entrando a la tabla con un periodo de diseño de 20 años y la tasa de crecimiento se determina el factor de crecimiento.

Tasa de crecimiento 6.539

6 36.79

6.539 X

7 41.00

X= 39.0592

Se siguió el mismo procedimiento para los restantes vehículos cuyos resultados se muestran en la tabla 50:

Tabla 20: Factores de crecimiento de cada vehículo en estudio

VEHICULO	F.C.
AUTOS	39.0592
VAGONETAS	67.3197
JEEP	30.6066
CAMIONETAS	41.8901
MINIBUS	46.5030
MICROBUS	29.2649
CAMION	36.1037

Fuente: Elaboración Propia

4.5. DESARROLLO DEL FACTOR DE CORRECCION

De acuerdo a las definiciones indicadas anteriormente, las cuales son viables en una carretera cuando existe un punto de control (garita de control) o Peajes entonces se genera la siguiente pregunta:

¿Cómo se mediría el factor de carga en una vía urbana?

Para responder esta pregunta se indica que para analizar el peso o carga de cada vehículo que circula por la vía en estudio, verificaremos el conteo vehicular realizado en horas punta, y se siguió el siguiente procedimiento:

4.5.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

4.5.1.1. DETERMINACIÓN DEL ESAL NORMAL, ESAL LIVIANO, ESAL MEDIANO Y ESAL PESADOS

PAVIMENTO FLEXIBLE:

A continuación se muestra un ejemplo del cálculo del ESAL de una vía urbana. De las demás vías en estudio se muestran en el Anexo 5.

DETERMINACIÓN DEL ESAL (PAVIMENTO FLEXIBLE)

Calle: C/ Bolívar (entre Av. La Paz - O'Connor)

Tabla 21: Determinación Del ESAL (Pavimento flexible) C/Bolívar (Av. La Paz – O'Connor)

Periodo de Diseño		15	Años					
SN o D		4						
Índice De Serviciabilidad Final =Pt		2						
FORMULA	Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0169	0.134
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0538	0.0538	0.5334	3.465
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0618	0.0618	0.5503	3.599
VI	Vehículos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
X= Tabla	Factor de Crecimiento	24.277	35.796	20.413	25.508	27.448	19.763	22.967
XI=VIII*III*X	ESAL delantero	1739.416	524.400	67.701	19710.272	499.689	50713.277	16503.181
XII=IX*IV*X	ESAL trasero	1739.416	524.400	67.701	132551.580	3360.410	1600619.038	426742.698
XIII=XI+XII	ESAL total	3.48E+03	1.05E+03	1.35E+02	1.52E+05	3.86E+03	1.65E+06	4.43E+05
RESULTADOS								
	ESAL TOTAL (LIVIANO+MEDIANO+PESADO)				2.255E+06			
	ESAL LIVIANO (autos,vagonetas y jeep)				4.663E+03			
	ESAL MEDIANO (camionetas, minibús y microbús)				1.807E+06			
	ESAL PESADOS (camión)				4.432E+05			

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento para la determinación del ESAL:

I y II (peso del eje delantero y eje trasero): por factores económicos y por no contar con balanzas para el pesado de los diferentes vehículos, estos son datos obtenidos del proyecto "Iscayachi Tojo Carretas"

Tabla 22: Obtención Del Peso Del Eje Delantero Y El Eje Trasero

FORMULA	Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0169	0.134
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0538	0.0538	0.5334	3.465
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0618	0.0618	0.5503	3.599
VI	Vehículos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
X= Tabla	Factor de Crecimiento	24.277	35.796	20.413	25.508	27.448	19.763	22.967
XI=VIII*III*X	ESAL delantero	1739.416	524.400	67.701	19710.272	499.689	50713.277	16503.181
XII=IX*IV*X	ESAL trasero	1739.416	524.400	67.701	132551.580	3360.410	1600619.038	426742.698
XIII=XI+XII	ESAL total	3.48E+03	1.05E+03	1.35E+02	1.52E+05	3.86E+03	1.65E+06	4.43E+05

Fuente: Elaboración Propia

III y IV (Factor equivalente eje delantero y eje trasero): para obtener el factor de carga equivalente (LEF), se opta por escoger un numero estructural SN igual a 4 de la tabla 11 del capítulo 2. Y entrando con la carga por eje de cada tipo de vehículo y con el numero estructural se obtiene los LEF delantero y trasero, como no existe el valor exacto se procedió a considerar los valores que nos permiten interpolar.

Ejemplo:

Factor equivalente de carga para pavimento flexible eje simple pt=2 carga 5.5 Kip.

Tabla 23: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt=2.0

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Elaboración Propia

4 → 0.002

5.5 → X → X = 0.008

6 → 0.010

Tabla 24: Factor Equivalente Eje Delantero Y Eje Trasero

FORMULA	Tipo de Vehiculo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUS	MICROBUS	CAMION
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0169	0.134
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0538	0.0538	0.5334	3.465
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0618	0.0618	0.5503	3.599
VI	Vehiculos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehiculos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
X= Tabla	Factor de Crecimiento	24.277	35.796	20.413	25.5077	27.448	19.7634	22.97
XI=VIII*III*X	EAL delantero	1739.416	524.400	67.701	19710.272	499.689	50713.277	16503.181
XII=IX*IV*X	EAL trasero	1739.41642	524.4003275	67.7009282	132551.5802	3360.4095	1600619.04	426742.70
XIII=XI+XII	EAL total	3478.83	1048.80	135.40	152261.85	3860.10	1651332.31	443245.88

Fuente: Elaboración Propia

V (Factor equivalente de carga completa): para obtener el valor del equivalente de carga completo se suma la fila **III** y **IV**.

VI (Vehículos día): los vehículos días se obtuvieron del aforo vehicular como se explicó en el punto 4.2.2.5.

VII (Vehículos/año): los vehículos años se obtuvieron de la multiplicación de la fila VI * 365.

VIII (Nº de ejes delantero * año): El número de ejes delantero año es igual al número de vehículos años.

IX (Nº de ejes trasero * año): El número de ejes trasero año es igual al número de vehículos años.

X (Factor de crecimiento): para obtener el factor de crecimiento se siguió el procedimiento indicado en el punto 4.4.

XI (EAL delantero): Se multiplica la fila VIII*III*X

Tabla 25: EAL Delantero

Periodo de Diseño		15	Años					
SN o D		4						
Indice De Serviabilidad Final =F		2						
FORMULA	Tipo de Vehiculo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUS	MICROBUS	CAMION
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0169	0.134
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0538	0.0538	0.5334	3.465
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0618	0.0618	0.5503	3.599
VI	Vehiculos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
X= Tabla	Factor de Crecimiento	24.277	35.796	20.413	25.5077	27.448	19.7634	22.97
XI=VIII*III*X	EAL delantero	1739.416	524.400	67.701	19710.272	499.689	50713.277	16503.181
XII=IX*IV*X	EAL trasero	1739.41642	524.4003275	67.7009282	132551.5802	3360.4095	1600619.04	426742.70
XIII=XI+XII	EAL total	3478.83	1048.80	135.40	152261.85	3860.10	1651332.31	443245.88

Fuente: Elaboración Propia

XII (EAL trasero): para obtener la fila XII se multiplica la fila IX*IV*X

XIII (ESAL TOTAL): finalmente se suma los valores de la fila XI y XII para el total de ejes equivalentes.

 PAVIMENTO RIGIDO:

A continuación se muestra un ejemplo del cálculo del ESAL de una vía urbana. De las demás vías en estudio se muestran en el Anexo 6.

DETERMINACIÓN DEL ESAL (PAVIMENTO RÍGIDO)

Calle: C/ Bolívar (Av. La Paz-O'Connor)

Tabla 26: Determinación Del ESAL (pavimento rígido)

Periodo de Diseño		20	años					
SN o D		10						
Índice De Serviciabilidad Final =Pt		2.5						
FORMULA	Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0166	0.128
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0516	0.0516	0.5221	3.59
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0596	0.0596	0.5387	3.718
VI	Vehículos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VP*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
X= Tabla	Factor de Crecimiento	39.059	67.320	30.607	41.890	46.503	29.265	36.104
XI=VIII*III*X	ESAL delantero	2798.519	986.205	101.508	32369.256	846.584	73761.279	24780.867
XII=IX*IV*X	ESAL trasero	2798.519	986.205	101.508	208781.701	5460.468	2319925.529	695025.866
XIII=XI+XII	ESAL total	5597.039	1972.409	203.016	241150.957	6307.053	2393686.808	719806.732
RESULTADOS								
	ESAL TOTAL (LIVIANO+MEDIANO+PESADO)				3.369E+06			
	ESAL LIVIANO (autos,vagonetas y jeep)				7.772E+03			
	ESAL MEDIANO (camionetas, minibús y microbús)				2.641E+06			
	ESAL PESADOS (camión)				7.198E+05			

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento para la determinación del ESAL:

I y II (peso del eje delantero y eje trasero): por factores económicos y por no contar con balanzas para el pesado de los diferentes vehículos, estos son datos obtenidos del proyecto "Iscayachi Tojo Carretas"

Tabla 27: Obtención Del Peso Del Eje Delantero Y El Eje Trasero

FORMULA	Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0166	0.128
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0516	0.0516	0.5221	3.59
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0596	0.0596	0.5387	3.718
VI	Vehículos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
X= Tabla	Factor de Crecimiento	39.059	67.320	30.607	41.890	46.503	29.265	36.104
XI=VIII*III*X	ESAL delantero	2798.519	986.205	101.508	32369.256	846.584	73761.279	24780.867
XII=IX*IV*X	ESAL trasero	2798.519	986.205	101.508	208781.701	5460.468	2319925.529	695025.866
XIII=XI+XII	ESAL total	5597.039	1972.409	203.016	241150.957	6307.053	2393686.808	719806.732

Fuente: Elaboración Propia

III y IV (Factor equivalente eje delantero y eje trasero): para obtener el factor de carga equivalente (LEF), se opta por escoger un D (espesor de Losa) igual a 10 de la tabla 23 del capítulo 2. Y entrando con la carga por eje de cada tipo de vehículo y con el numero estructural se obtiene los LEF delantero y trasero, como no existe el valor exacto se procedió a considerar los valores que nos permiten interpolar.

Ejemplo:

Factor equivalente de carga de carga para pavimento rigido eje simple $pt=2.5$ carga 5.5 Kip.

Tabla 28: Factores equivalentes de carga para pavimentos rígido, ejes simples, Pt=2.5

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8	0.039	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	0.097	0.089	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080
12	0.203	0.189	0.181	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173
14	0.376	0.360	0.347	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336
16	0.634	0.623	0.610	0.604	0.601	0.599	0.599	0.599	0.598
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.51	1.52	1.55	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59
22	2.21	2.20	2.28	2.34	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41
24	3.16	3.10	3.22	3.36	3.45	3.50	3.53	3.54	3.55
26	4.41	4.26	4.42	4.67	4.85	4.95	5.01	5.04	5.05
28	6.05	5.76	5.92	6.29	6.61	6.81	6.92	6.98	7.01
30	8.16	7.67	7.79	8.28	8.79	9.14	9.35	9.46	9.52
32	10.8	10.1	10.1	10.7	11.4	12.0	12.3	12.6	12.7

Fuente: Elaboración Propia

4 → 0.002

5.5 → X → X = 0.008

6 → 0.010

Tabla 29: Factor Equivalente Eje Delantero Y Eje Trasero

FORMULA	Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUS	MICROBUS	CAMION
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0166	0.128
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0516	0.0516	0.5221	3.59
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0596	0.0596	0.5387	3.718
VI	Vehículos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
X= Tabla	Factor de Crecimiento	39.0592	67.3197	30.6066	41.8901	46.5030	29.2649	36.1037
XI=VIII*III*X	EAL delantero	2798.519	986.205	101.508	32369.256	846.584	73761.279	24780.867
XII=IX*IV*X	EAL trasero	2798.51935	986.2045162	101.5081114	208781.7013	5460.4684	2319925.53	695025.87
XIII=XI+XII	EAL total	5597.04	1972.41	203.02	241150.96	6307.05	2393686.81	719806.73

Fuente: Elaboración Propia

V (Factor equivalente de carga completa): para obtener el valor del equivalente de carga completo se suma la fila **III** y **IV**.

VI (Vehículos día): los vehículos días se obtuvieron del aforo vehicular como se explicó en el punto 4.2.2.5.

VII (Vehículos/año): los vehículos años se obtuvieron de la multiplicación de la fila **VI** * 365.

VIII (Nº de ejes delantero * año): El número de ejes delantero año es igual al número de vehículos años.

IX (Nº de ejes trasero * año): El número de ejes trasero año es igual al número de vehículos años.

X (Factor de crecimiento): para obtener el factor de crecimiento se siguió el procedimiento indicado en el punto 4.4.

XI (EAL delantero): Se multiplica la fila **VIII*III*X**

Tabla 30: EAL Delantero

FORMULA	Tipo de Vehiculo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUS	MICROBUS	CAMION
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0166	0.128
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0516	0.0516	0.5221	3.59
V=III+IV	F.E. con Carga Completa	0.0002	0.0002	0.0002	0.0596	0.0596	0.5387	3.718
VI	Vehiculos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362.34568
X= Tabla	Factor de Crecimiento	39.0592	67.3197	30.6066	41.8901	46.5030	29.2649	36.1037
=XI=VIII*III*X	EAL delantero	2798.519	986.205	101.508	32369.256	846.584	73761.279	24780.867
XII=IX*IV*X	EAL trasero	2798.51935	986.2045162	101.5081114	208781.7013	5460.4684	2319925.53	695025.87
XIII=XI+XII	EAL total	5597.04	1972.41	203.02	241150.96	6307.05	2393686.81	719806.73

Fuente: Elaboración Propia

XII (EAL trasero): para obtener la fila XII se multiplica la fila IX*IV*X

XIII (ESAL TOTAL): finalmente se suma los valores de la fila XI y XII para el total de ejes equivalentes.

4.5.1.2. RESULTADOS DE ESAL (LIVIANO, MEDIANO, PESADO)

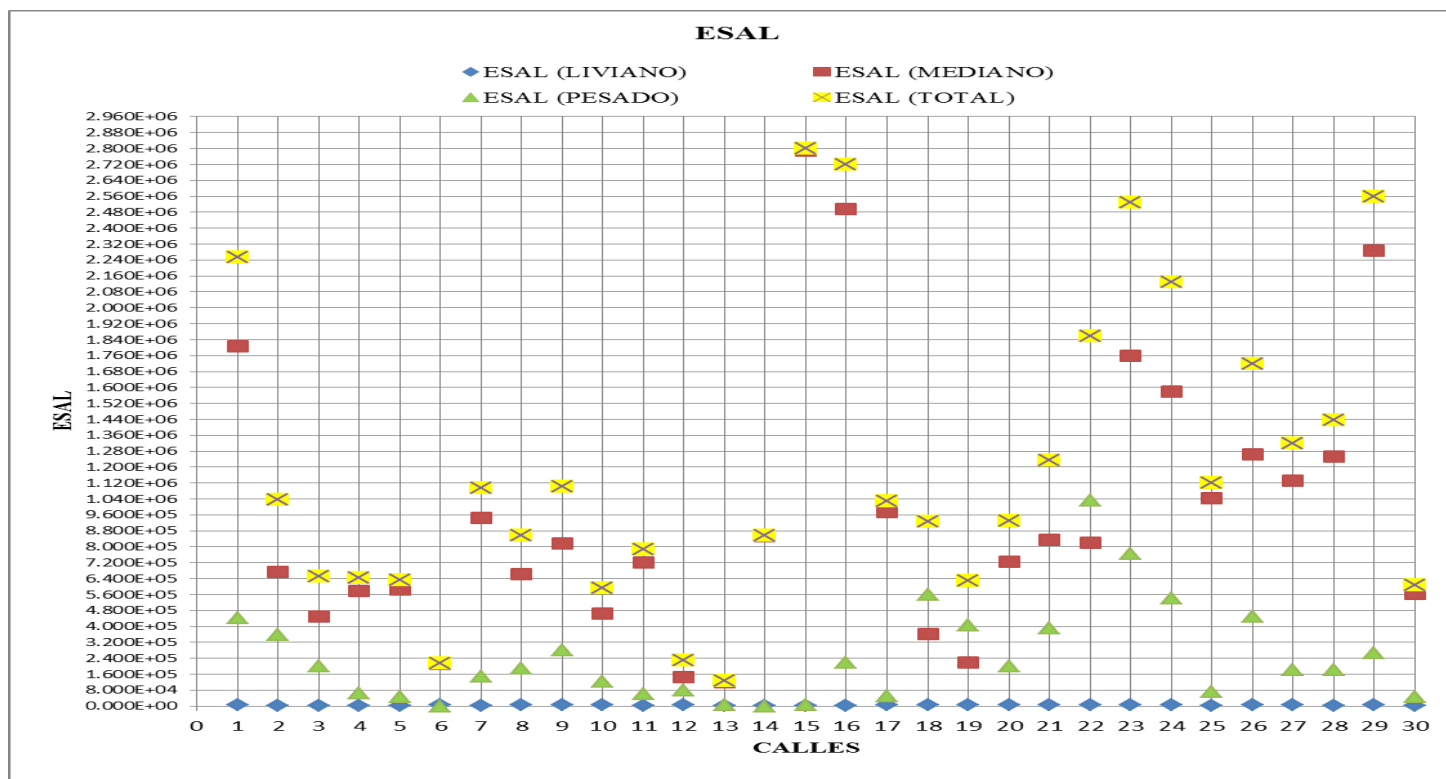
PAVIMENTO FLEXIBLE:

Tabla 31: Resultados Del ESAL (Pavimento Flexible)

N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS + MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O'Connor)	4.663E+03	1.807E+06	1.8121E+06	4.432E+05	2.26E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	3.802E+03	6.745E+05	6.7831E+05	3.576E+05	1.04E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	2.784E+03	4.480E+05	4.5074E+05	2.011E+05	6.52E+05
4	C/ Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	2.661E+03	5.770E+05	5.7968E+05	6.332E+04	6.43E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	3.587E+03	5.843E+05	5.8788E+05	4.470E+04	6.33E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	5.791E+03	2.106E+05	2.1637E+05	0.000E+00	2.16E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	3.180E+03	9.444E+05	9.4759E+05	1.490E+05	1.10E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	4.183E+03	6.629E+05	6.6705E+05	1.900E+05	8.57E+05
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	5.314E+03	8.168E+05	8.2208E+05	2.794E+05	1.10E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	4.363E+03	4.639E+05	4.6827E+05	1.248E+05	5.93E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	3.954E+03	7.228E+05	7.2678E+05	6.146E+04	7.88E+05
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	4.251E+03	1.470E+05	1.5126E+05	7.822E+04	2.29E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	2.792E+03	1.199E+05	1.2267E+05	5.587E+03	1.28E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/Domingo Paz)	3.565E+03	8.527E+05	8.5627E+05	0.000E+00	8.56E+05
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	3.143E+03	2.788E+06	2.7914E+06	7.450E+03	2.80E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	3.383E+03	2.497E+06	2.5004E+06	2.198E+05	2.72E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	4.873E+03	9.736E+05	9.7845E+05	5.028E+04	1.03E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	6.516E+03	3.623E+05	3.6878E+05	5.587E+05	9.27E+05
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	6.897E+03	2.175E+05	2.2442E+05	4.060E+05	6.30E+05
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	6.146E+03	7.251E+05	7.3125E+05	1.993E+05	9.31E+05
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	6.756E+03	8.349E+05	8.4168E+05	3.922E+05	1.23E+06
22	C/ O'Connor (Domingo Paz - Bolivar)	6.586E+03	8.189E+05	8.2552E+05	1.032E+06	1.86E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	4.437E+03	1.760E+06	1.7642E+06	7.636E+05	2.53E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	4.460E+03	1.580E+06	1.5844E+06	5.431E+05	2.13E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.358E+03	1.044E+06	1.0472E+06	7.263E+04	1.12E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	4.772E+03	1.265E+06	1.2695E+06	4.507E+05	1.72E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	4.303E+03	1.133E+06	1.1374E+06	1.810E+05	1.32E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.968E+03	1.252E+06	1.2546E+06	1.810E+05	1.44E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	4.661E+03	2.287E+06	2.2916E+06	2.663E+05	2.56E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.683E+03	5.620E+05	5.6373E+05	4.470E+04	6.08E+05

Fuente: Elaboración Propia

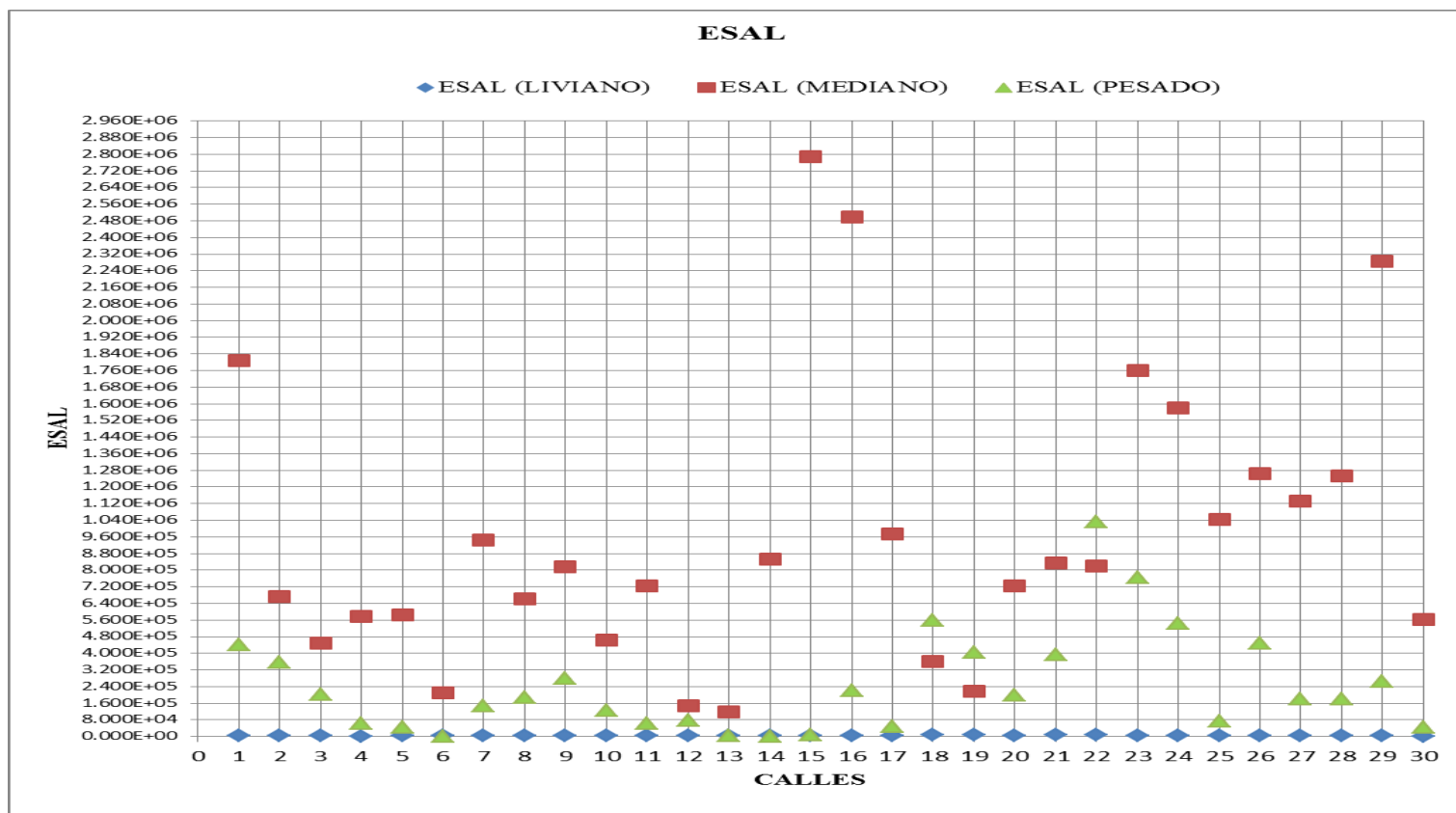
Figura 8: Comportamiento del ESAL (Pavimento Flexible) en las diferentes calles



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se puede observar que los ESAL son diferentes en cada calle urbana debido a que cada una de estas calles tiene diferentes volúmenes de tráfico.

Figura 9: Comportamiento del ESAL (Pavimento Flexible) (liviano, mediano y pesado) en las diferentes calles



Fuente: Elaboración Propia

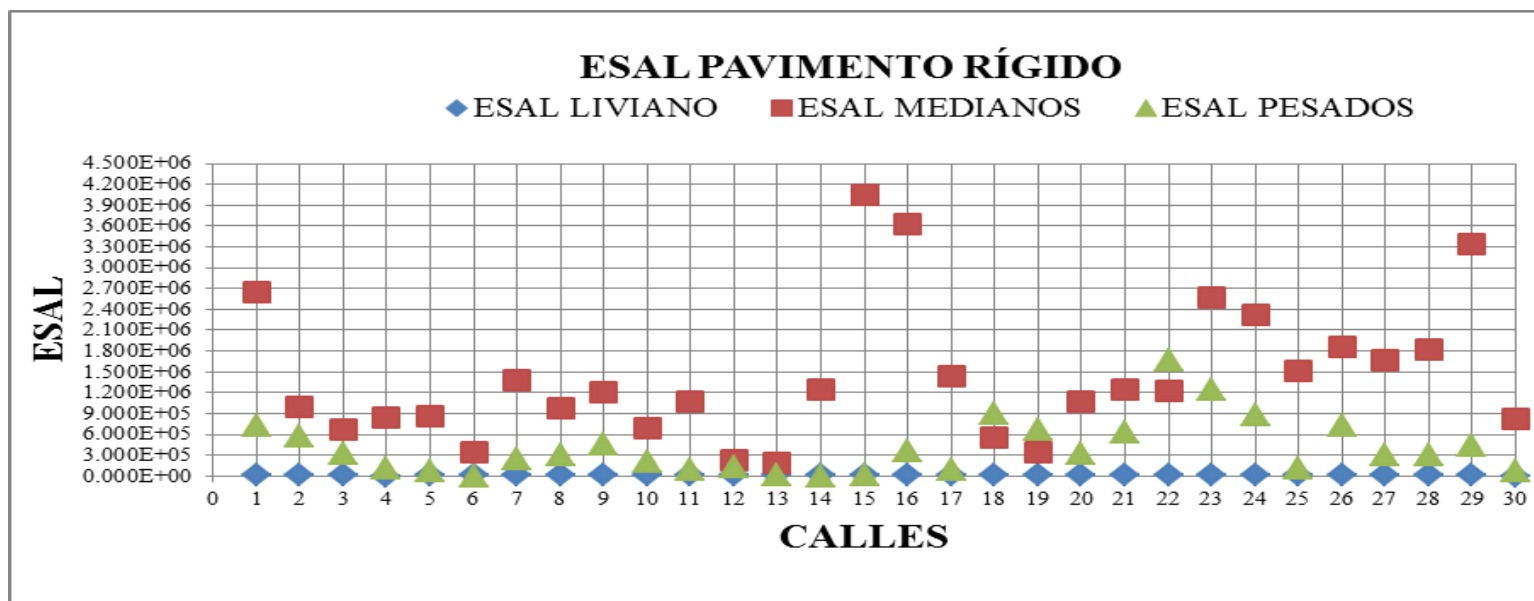
En la gráfica se observa que el ESAL de los vehículos livianos es menor que el ESAL de los vehículos pesados y el ESAL de los vehículos medianos.

 PAVIMENTO RÍGIDO:
Tabla 32: Resultados Del ESAL (Pavimento Rígido)

N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS+ MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	7.772E+03	2.641E+06	2.649E+06	7.198E+05	3.369E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	6.273E+03	9.988E+05	1.005E+06	5.807E+05	1.586E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	4.584E+03	6.647E+05	6.693E+05	3.266E+05	9.959E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	4.380E+03	8.470E+05	8.514E+05	1.028E+05	9.542E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	5.883E+03	8.572E+05	8.631E+05	7.259E+04	9.357E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	9.745E+03	3.334E+05	3.431E+05	0.000E+00	3.431E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	5.229E+03	1.382E+06	1.387E+06	2.420E+05	1.629E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	6.979E+03	9.791E+05	9.861E+05	3.085E+05	1.295E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	8.924E+03	1.211E+06	1.220E+06	4.537E+05	1.673E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	7.235E+03	6.890E+05	6.963E+05	2.026E+05	8.989E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	6.552E+03	1.062E+06	1.068E+06	9.981E+04	1.168E+06
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	7.105E+03	2.320E+05	2.391E+05	1.270E+05	3.661E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	4.588E+03	1.811E+05	1.857E+05	9.073E+03	1.947E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	5.920E+03	1.249E+06	1.255E+06	0.000E+00	1.255E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	5.163E+03	4.048E+06	4.053E+06	1.210E+04	4.065E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	5.567E+03	3.629E+06	3.634E+06	3.569E+05	3.991E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	8.159E+03	1.433E+06	1.441E+06	8.166E+04	1.523E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	1.073E+04	5.501E+05	5.608E+05	9.073E+05	1.468E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	1.136E+04	3.420E+05	3.534E+05	6.593E+05	1.013E+06
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	1.017E+04	1.080E+06	1.090E+06	3.236E+05	1.414E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	1.118E+04	1.242E+06	1.253E+06	6.369E+05	1.890E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	1.088E+04	1.224E+06	1.234E+06	1.676E+06	2.910E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	7.282E+03	2.573E+06	2.580E+06	1.240E+06	3.820E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	7.318E+03	2.312E+06	2.319E+06	8.819E+05	3.201E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	5.502E+03	1.522E+06	1.528E+06	1.180E+05	1.645E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	7.839E+03	1.852E+06	1.860E+06	7.319E+05	2.592E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	7.141E+03	1.663E+06	1.670E+06	2.940E+05	1.964E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	4.908E+03	1.828E+06	1.833E+06	2.940E+05	2.127E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	7.782E+03	3.338E+06	3.346E+06	4.325E+05	3.778E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.762E+03	8.196E+05	8.224E+05	7.259E+04	8.950E+05

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Comportamiento del ESAL en las diferentes calles (Pavimento Rígido)



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se puede observar que los ESAL son diferentes en cada calle urbana debido a que cada una de estas calles tiene diferentes volúmenes de tráfico.

4.6. FACTOR DE CORRECCIÓN PROPUESTO

4.6.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN

El criterio de análisis es que si se mantienen los LEF convencionales el tráfico liviano y mediano pierde relevancia, solamente el tráfico pesado es el influyente en el ESAL. Pero en la práctica en las vías urbanas “la repetición de cargas de medianos y livianos es muy importante”, por lo que se debe ajustarse un LEF más adecuado al medio.

El objetivo es que los diseños de vías urbanas sean más seguros ante el tráfico liviano y mediano que es el mayor porcentaje y su durabilidad sea la esperada en su periodo de vida útil.

Como se puede apreciar en la figura 23 y 24 existe una gran variación entre el ESAL liviano, ESAL Mediano y el ESAL pesado, esto debido que los LEF de los vehículos livianos son mucho menores que los LEF de los vehículos pesados, sin embargo los LEF de los vehículos medianos son menores que los pesados, pero el ESAL de los medianos son mayores que los ESAL pesados, con este análisis podemos decir que que el deterioro de los pavimentos no ocurre, sin embargo, bajo la aplicación de una sola carga. Es la aplicación repetida de ellas la que va acumulando efectos hasta producir la falla de la estructura.

Con el análisis anterior es que a continuación se propone nuevos LEF para los vehículos livianos en el diseño de pavimentos en vías urbanas, debido a que estos vehículos tienen mayor flujo por las vías urbanas y por lo cual la aplicación repetida de ellas también produce un daño al pavimento y que la acumulación de estos también puede producir una falla a la estructura del pavimento igual o mayor a la falla que produce un vehículo pesado.

Con este análisis se procedió a determinar el factor de corrección a través de un análisis estadístico.

 PAVIMENTO FLEXIBLE:

Tabla 33: Factor de Corrección (Pavimento Flexible)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN						
N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS+ MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	PES/LIV
1	C/ Bolívar (Av/ La Paz - O'Connor)	4.663E+03	1.807E+06	1.8121E+06	4.432E+05	95.06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	3.802E+03	6.745E+05	6.7831E+05	3.576E+05	94.06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	2.784E+03	4.480E+05	4.5074E+05	2.011E+05	72.25
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	2.661E+03	5.770E+05	5.7968E+05	6.332E+04	23.80
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	3.587E+03	5.843E+05	5.8788E+05	4.470E+04	12.46
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	5.791E+03	2.106E+05	2.1637E+05	0.000E+00	0.00
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	3.180E+03	9.444E+05	9.4759E+05	1.490E+05	46.86
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	4.183E+03	6.629E+05	6.6705E+05	1.900E+05	45.41
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	5.314E+03	8.168E+05	8.2208E+05	2.794E+05	52.57
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	4.363E+03	4.639E+05	4.6827E+05	1.248E+05	28.60
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	3.954E+03	7.228E+05	7.2678E+05	6.146E+04	15.54
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	4.251E+03	1.470E+05	1.5126E+05	7.822E+04	18.40
13	C/Sucre (Bolívar - Av/Domingo Paz)	2.792E+03	1.199E+05	1.2267E+05	5.587E+03	2.00
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	3.565E+03	8.527E+05	8.5627E+05	0.000E+00	0.00
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	3.143E+03	2.788E+06	2.7914E+06	7.450E+03	2.37
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	3.383E+03	2.497E+06	2.5004E+06	2.198E+05	64.97
17	C/ Mendez (Bolívar - Domingo Paz)	4.873E+03	9.736E+05	9.7845E+05	5.028E+04	10.32
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosí)	6.516E+03	3.623E+05	3.6878E+05	5.587E+05	85.74
19	Av/Potosí (entre Santa Cruz y Junín)	6.897E+03	2.175E+05	2.2442E+05	4.060E+05	58.87
20	Av/Potosí (entre Junín y Santa Cruz)	6.146E+03	7.251E+05	7.3125E+05	1.993E+05	32.42
21	C/Junín (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	6.756E+03	8.349E+05	8.4168E+05	3.922E+05	58.05
22	C/ O'Connor (Domingo Paz- Bolívar)	6.586E+03	8.189E+05	8.2552E+05	1.032E+06	156.66
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolívar)	4.437E+03	1.760E+06	1.7642E+06	7.636E+05	172.10
24	Av/ La Paz (Bolívar - Oruro)	4.460E+03	1.580E+06	1.5844E+06	5.431E+05	121.78
25	Av/ La Paz (Delfín Pino - Av/ Belgrano)	3.358E+03	1.044E+06	1.0472E+06	7.263E+04	21.63
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	4.772E+03	1.265E+06	1.2695E+06	4.507E+05	94.44
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	4.303E+03	1.133E+06	1.1374E+06	1.810E+05	42.07
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.968E+03	1.252E+06	1.2546E+06	1.810E+05	60.99
29	C/ España (Delfín Pino - Av/ Belgrano)	4.661E+03	2.287E+06	2.2916E+06	2.663E+05	57.14
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.683E+03	5.620E+05	5.6373E+05	4.470E+04	26.56
					RIMERA DEPURACIÓN	
					MEDIA	52.437
					DESVIACIÓN	44.399
					MED+DES V	96.84
					MED-DES V	8.04
					VERDADERO	
					MEDIA	48.618
					f	49

Fuente: Elaboración Propia

 PAVIMENTO RÍGIDO:

Tabla 34: Factor de Corrección (Pavimento Rígido)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN						
N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS + MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	PES/LIV
1	C/ Bolívar (Av/ La Paz - O'Connor)	7.772E+03	2.641E+06	2.649E+06	7.198E+05	92.61
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	6.273E+03	9.988E+05	1.005E+06	5.807E+05	92.57
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	4.584E+03	6.647E+05	6.693E+05	3.266E+05	71.26
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	4.380E+03	8.470E+05	8.514E+05	1.028E+05	23.48
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	5.883E+03	8.572E+05	8.631E+05	7.259E+04	12.34
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	9.745E+03	3.334E+05	3.431E+05	0.000E+00	0.00
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	5.229E+03	1.382E+06	1.387E+06	2.420E+05	46.27
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	6.979E+03	9.791E+05	9.861E+05	3.085E+05	44.20
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	8.924E+03	1.211E+06	1.220E+06	4.537E+05	50.83
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	7.235E+03	6.890E+05	6.963E+05	2.026E+05	28.01
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	6.552E+03	1.062E+06	1.068E+06	9.981E+04	15.23
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	7.105E+03	2.320E+05	2.391E+05	1.270E+05	17.88
13	C/Sucre (Bolívar - Av/Domingo Paz)	4.588E+03	1.811E+05	1.857E+05	9.073E+03	1.98
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	5.920E+03	1.249E+06	1.255E+06	0.000E+00	0.00
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	5.163E+03	4.048E+06	4.053E+06	1.210E+04	2.34
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	5.567E+03	3.629E+06	3.634E+06	3.569E+05	64.11
17	C/ Mendez (Bolívar - Domingo Paz)	8.159E+03	1.433E+06	1.441E+06	8.166E+04	10.01
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosí)	1.073E+04	5.501E+05	5.608E+05	9.073E+05	84.58
19	Av/Potosí (entre Santa Cruz y Junín)	1.136E+04	3.420E+05	3.534E+05	6.593E+05	58.02
20	Av/Potosí (entre Junín y Santa Cruz)	1.017E+04	1.080E+06	1.090E+06	3.236E+05	31.81
21	C/Junín (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	1.118E+04	1.242E+06	1.253E+06	6.369E+05	56.98
22	C/ O'Connor (Domingo Paz- Bolívar)	1.088E+04	1.224E+06	1.234E+06	1.676E+06	154.06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolívar)	7.282E+03	2.573E+06	2.580E+06	1.240E+06	170.29
24	Av/ La Paz (Bolívar - Oruro)	7.318E+03	2.312E+06	2.319E+06	8.819E+05	120.52
25	Av/ La Paz (Delfín Pino - Av/ Belgrano)	5.502E+03	1.522E+06	1.528E+06	1.180E+05	21.44
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	7.839E+03	1.852E+06	1.860E+06	7.319E+05	93.37
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	7.141E+03	1.663E+06	1.670E+06	2.940E+05	41.17
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	4.908E+03	1.828E+06	1.833E+06	2.940E+05	59.90
29	C/ España (Delfín Pino - Av/ Belgrano)	7.782E+03	3.338E+06	3.346E+06	4.325E+05	55.58
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.762E+03	8.196E+05	8.224E+05	7.259E+04	26.28
					PRIMERA DEPURACIÓN	
					MEDIA	51.570
					DESVIACIÓN	43.807
					MED+DESV	95.38
					MED-DESV	7.76
					VERDADERO	
					MEDIA	47.736
					f	48

Fuente: Elaboración Propia

4.6.2. LEF PROPUESTOS

PAVIMENTO FLEXIBLE:

Tabla 35: LEF Propuesto para vehículos livianos (Pavimento flexible)

LEF PROPUESTO PARA VEHICULOS LIVIANOS			
Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP
Factor de Corrección "f"	49.00	49.00	49.00
F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001
F.E. Eje Delantero propuesto	0.0049	0.0049	0.0049
F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001
F.E. Eje trasero propuesto	0.0049	0.0049	0.0049

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36: Resultados de los LEF Propuesto (Pavimento Flexible)

Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUS	MICROBUS	CAMION
F.E. Eje Delantero propuesto	0.0049	0.0049	0.0049	0.008	0.008	0.0169	0.134
F.E. Eje trasero propuesto	0.0049	0.0049	0.0049	0.0538	0.0538	0.5334	3.465

Fuente: Elaboración Propia

PAVIMENTO RÍGIDO:

Tabla 37: LEF Propuesto para vehículos livianos (Pavimento Rígido)

LEF PROPUESTO PARA VEHICULOS LIVIANOS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS			
Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP
Factor de Corrección "f"	48.00	48.00	48.00
F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001
F.E. Eje Delantero propuesto	0.0048	0.0048	0.0048
F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001
F.E. Eje trasero propuesto	0.0048	0.0048	0.0048

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38: Resultados de los LEF Propuesto (Pavimento Rígido)

Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUS	MICROBUS	CAMION
F.E. Eje Delantero propuesto	0.0048	0.0048	0.0048	0.008	0.008	0.0166	0.128
F.E. Eje trasero propuesto	0.0048	0.0048	0.0048	0.0516	0.0516	0.5221	3.59

Fuente: Elaboración Propia

4.7. DETERMINACIÓN DEL ESAL PROPUESTO

El procedimiento que se siguió para la determinación del ESAL propuesto es el mismo procedimiento indicado en el punto 4.5.1.1, con la diferencia en que en la fila **III Y IV** (F.E. eje delantero y F.E. eje trasero) se utilizaron los LEF propuestos.

A continuación se muestra un ejemplo del cálculo del ESAL propuesto de una vía urbana, de las demás vías en estudio se muestran en el Anexo 7 y 8.

 PAVIMENTO FLEXIBLE:

DETERMINACIÓN DEL ESAL PROPUESTO (PAVIMENTO FLEXIBLE)			
Calle: C/ Bolívar (entre Av. La Paz - O'Connor)			

Tabla 39: Determinación Del ESAL propuesto (pavimento flexible)

FORMULA	Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero propuesto	0.0049	0.0049	0.0049	0.008	0.008	0.0169	0.134
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero propuesto	0.0049	0.0049	0.0049	0.0538	0.0538	0.5334	3.465
V=III+IV	F.E. con Carga Completa propues	0.0098	0.0098	0.0098	0.0618	0.0618	0.5503	3.599
VI	Vehículos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
X= Tabla	Factor de Crecimiento	24.277	35.796	20.413	25.508	27.448	19.763	22.967
XI=VIII*III*X	ESAL delantero	85231.405	25695.616	3317.345	19710.272	499.689	50713.277	16503.181
XII=IX*IV*X	ESAL trasero	85231.405	25695.616	3317.345	132551.580	3360.410	1600619.038	426742.698
XIII=XI+XII	ESAL total	1.70E+05	5.14E+04	6.63E+03	1.52E+05	3.86E+03	1.65E+06	4.43E+05
RESULTADOS								
		ESAL TOTAL (LIVIANO+MEDIANO+PESADO)			2.479E+06			
		ESAL LIVIANO (autos,vagonetas y jeep)			2.285E+05			
		ESAL MEDIANO (camionetas, minibús y microbús)			1.807E+06			
		ESAL PESADOS (camión)			4.432E+05			

Fuente: Elaboración Propia

 PAVIMENTO RÍGIDO:

DETERMINACIÓN DEL ESAL PROPUESTO (PAVIMENTO RÍGIDO)								
Calle: C/ Bolívar (entre Av. La Paz - O'Connor)								

Tabla 40: Determinación Del ESAL propuesto (Pavimento Rígido)

Periodo de Diseño		20	años					
SN o D		10						
Índice De Serviciabilidad Final =Pt		2.5						
FORMULA	Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBÚS	MICROBÚS	CAMIÓN
	Eje delantero (ton)	0.6	0.6	0.6	2.5	2.5	3	5
I	Eje delantero (Kips)	1.32	1.32	1.32	5.5	5.5	6.6	11
	Eje trasero (ton)	0.6	0.6	0.6	4	4	7	11
II	Eje trasero (Kips)	1.32	1.32	1.32	8.8	8.8	15.4	24.2
III=Tabla	F.E. Eje Delantero propuesto	0.0048	0.0048	0.0048	0.008	0.008	0.0166	0.128
IV= Tabla	F.E. Eje Trasero propuesto	0.0048	0.0048	0.0048	0.0516	0.0516	0.5221	3.59
V=III+IV	F.E. con Carga Completa propuest	0.0096	0.0096	0.0096	0.0596	0.0596	0.5387	3.718
VI	Vehículos / día	1963	401	91	265	6	416	15
VII=VI*365	Vehículos / año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
VIII=VII	Nº De Ejes delantero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
IX=VII	Nº De Ejes Trasero * año	716481	146496	33165	96590	2276	151835	5362
X= Tabla	Factor de Crecimiento	39.0592	67.3197	30.6066	41.8901	46.5030	29.2649	36.1037
XI=VIII*III*X	ESAL delantero	134328.929	47337.817	4872.389	32369.256	846.584	73761.279	24780.867
XII=IX*IV*X	ESAL trasero	134328.929	47337.817	4872.389	208781.701	5460.468	2319925.529	695025.866
XIII=XI+XII	ESAL total	268657.86	94675.63	9744.78	241150.96	6307.05	2393686.81	719806.732
RESULTADOS								
	ESAL TOTAL (LIVIANO+MEDIANO+PESADO)				3.734E+06			
	ESAL LIVIANO (autos,vagonetas y jeep)				3.731E+05			
	ESAL MEDIANO (camionetas, minibús y microbús)				2.641E+06			
	ESAL PESADOS (camión)				7.198E+05			

Fuente: Elaboración Propia

4.7.1 RESULTADOS DE ESAL PROPUESTO:

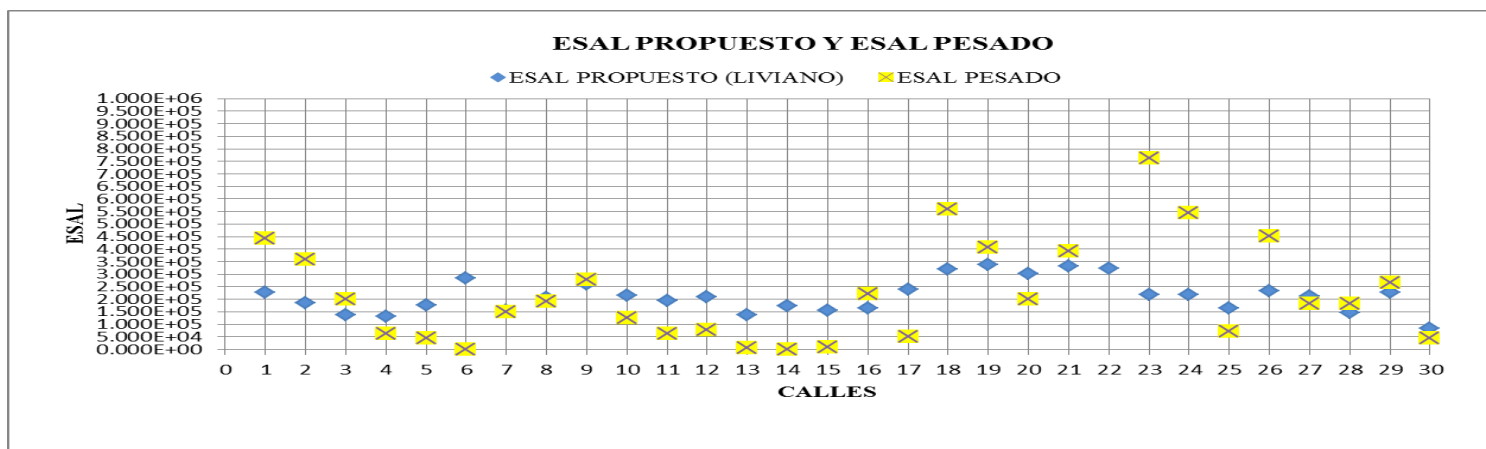
PAVIMENTO FLEXIBLE:

Tabla 41: Resultados Del ESAL propuesto (Pavimento Flexible)

RESULTADOS ESAL PROPUESTO (PAVIMENTO FLEXIBLE)						
N°	CALLE	ESAL PROPUESTO (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL PROPUESTO LIVIANOS + MEDIANOS	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O'Connor)	2.285E+05	1.807E+06	2.0359E+06	4.432E+05	2.479E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.863E+05	6.745E+05	8.6079E+05	3.576E+05	1.218E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	1.364E+05	4.480E+05	5.8436E+05	2.011E+05	7.855E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	1.304E+05	5.770E+05	7.0739E+05	6.332E+04	7.707E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	1.757E+05	5.843E+05	7.6003E+05	4.470E+04	8.047E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	2.838E+05	2.106E+05	4.9435E+05	0.000E+00	4.944E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.558E+05	9.444E+05	1.1002E+06	1.490E+05	1.249E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	2.050E+05	6.629E+05	8.6783E+05	1.900E+05	1.058E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	2.604E+05	8.168E+05	1.0771E+06	2.794E+05	1.356E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	2.138E+05	4.639E+05	6.7768E+05	1.248E+05	8.025E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	1.937E+05	7.228E+05	9.1655E+05	6.146E+04	9.780E+05
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	2.083E+05	1.470E+05	3.5531E+05	7.822E+04	4.335E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	1.368E+05	1.199E+05	2.5667E+05	5.587E+03	2.623E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	1.747E+05	8.527E+05	1.0274E+06	0.000E+00	1.027E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	1.540E+05	2.788E+06	2.9422E+06	7.450E+03	2.950E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	1.657E+05	2.497E+06	2.6628E+06	2.198E+05	2.883E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	2.388E+05	9.736E+05	1.2124E+06	5.028E+04	1.263E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	3.193E+05	3.623E+05	6.8155E+05	5.587E+05	1.240E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	3.379E+05	2.175E+05	5.5545E+05	4.060E+05	9.615E+05
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	3.012E+05	7.251E+05	1.0263E+06	1.993E+05	1.226E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	3.310E+05	8.349E+05	1.1660E+06	3.922E+05	1.558E+06
22	C/ O'Connor (Domingo Paz - Bolivar)	3.227E+05	8.189E+05	1.1417E+06	1.032E+06	2.173E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	2.174E+05	1.760E+06	1.9771E+06	7.636E+05	2.741E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	2.185E+05	1.580E+06	1.7985E+06	5.431E+05	2.342E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1.645E+05	1.044E+06	1.2084E+06	7.263E+04	1.281E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.339E+05	1.265E+06	1.4986E+06	4.507E+05	1.949E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	2.109E+05	1.133E+06	1.3440E+06	1.810E+05	1.525E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	1.454E+05	1.252E+06	1.3971E+06	1.810E+05	1.578E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	2.284E+05	2.287E+06	2.5153E+06	2.663E+05	2.782E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	8.247E+04	5.620E+05	6.4451E+05	4.470E+04	6.892E+05

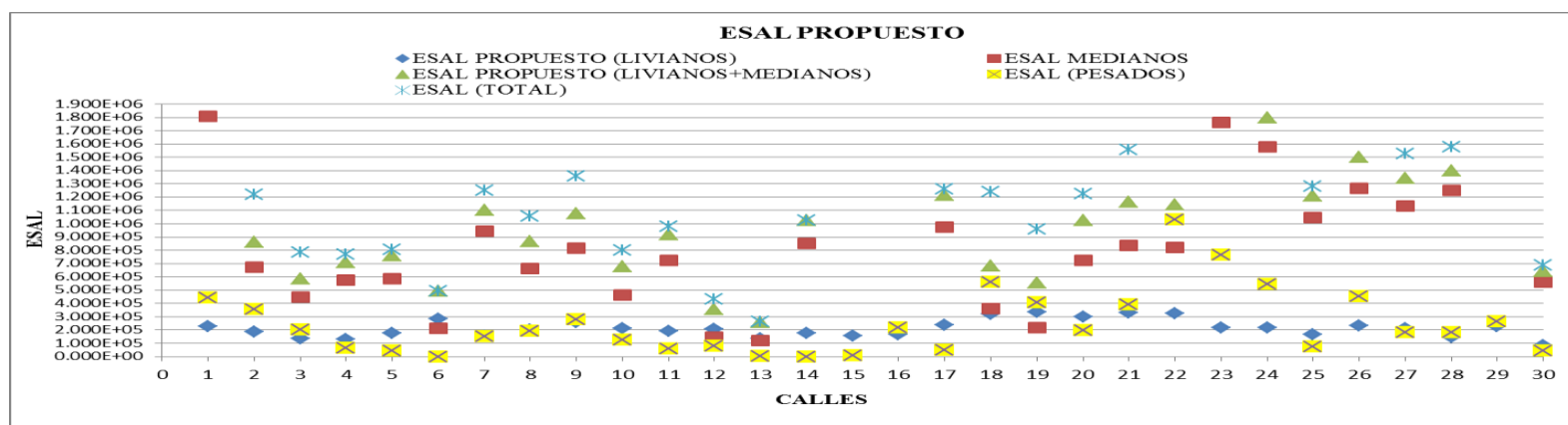
Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Comportamiento del ESAL liviano propuesto y el ESAL pesado en las diferentes calles (Pavimento Flexible)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12: Comportamiento del ESAL propuesto en las diferentes calles (Pavimento flexible)



Fuente: Elaboración Propia

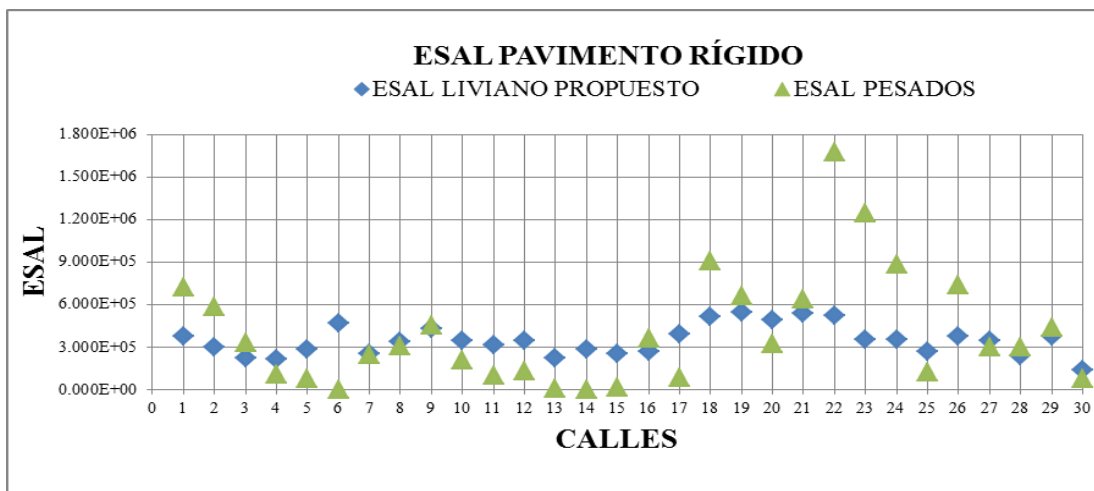
 PAVIMENTO RÍGIDO:

Tabla 42: Resultados Del ESAL propuesto (Pavimento Rígido)

N°	CALLE	ESAL PROPUESTO (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL PROPUESTO LIVIANOS + MEDIANOS	ESAL PESADOS	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O'Connor)	3.731E+05	2.641E+06	3.014E+06	7.198E+05	3.73E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	3.011E+05	9.988E+05	1.300E+06	5.807E+05	1.88E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	2.200E+05	6.647E+05	8.847E+05	3.266E+05	1.21E+06
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	2.102E+05	8.470E+05	1.057E+06	1.028E+05	1.16E+06
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	2.824E+05	8.572E+05	1.140E+06	7.259E+04	1.21E+06
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	4.678E+05	3.334E+05	8.011E+05	0.000E+00	8.01E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	2.510E+05	1.382E+06	1.633E+06	2.420E+05	1.87E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	3.350E+05	9.791E+05	1.314E+06	3.085E+05	1.62E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	4.284E+05	1.211E+06	1.639E+06	4.537E+05	2.09E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	3.473E+05	6.890E+05	1.036E+06	2.026E+05	1.24E+06
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	3.145E+05	1.062E+06	1.376E+06	9.981E+04	1.48E+06
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	3.410E+05	2.320E+05	5.730E+05	1.270E+05	7.00E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	2.202E+05	1.811E+05	4.013E+05	9.073E+03	4.10E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	2.842E+05	1.249E+06	1.533E+06	0.000E+00	1.53E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	2.478E+05	4.048E+06	4.295E+06	1.210E+04	4.31E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	2.672E+05	3.629E+06	3.896E+06	3.569E+05	4.25E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	3.916E+05	1.433E+06	1.825E+06	8.166E+04	1.91E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	5.149E+05	5.501E+05	1.065E+06	9.073E+05	1.97E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	5.454E+05	3.420E+05	8.874E+05	6.593E+05	1.55E+06
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	4.883E+05	1.080E+06	1.568E+06	3.236E+05	1.89E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	5.365E+05	1.242E+06	1.778E+06	6.369E+05	2.42E+06
22	C/ O'Connor (Domingo Paz- Bolivar)	5.220E+05	1.224E+06	1.746E+06	1.676E+06	3.42E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	3.495E+05	2.573E+06	2.923E+06	1.240E+06	4.16E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	3.513E+05	2.312E+06	2.663E+06	8.819E+05	3.55E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	2.641E+05	1.522E+06	1.786E+06	1.180E+05	1.90E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	3.763E+05	1.852E+06	2.229E+06	7.319E+05	2.96E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	3.428E+05	1.663E+06	2.005E+06	2.940E+05	2.30E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.356E+05	1.828E+06	2.064E+06	2.940E+05	2.36E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.735E+05	3.338E+06	3.712E+06	4.325E+05	4.14E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.326E+05	8.196E+05	9.522E+05	7.259E+04	1.02E+06

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13: Comportamiento del ESAL liviano propuesto y el ESAL pesado en las diferentes calles (Pavimento Flexible)



Fuente: Elaboración Propia

4.8. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

- ✚ En la evaluación y análisis de los resultados se pudo observar que el tránsito promedio diario es una de las variables fundamentales para la determinación del número de ejes equivalentes que solicitaran el pavimento. Y se puede distinguir que en las 30 vías escogidas existen cambios significativos de los volúmenes, como se muestra en la tabla 73 y esto se debe a que el tráfico que circula está muy relacionado con el tipo e intensidad de los usos urbanos ubicados en los márgenes de la vía. Por lo cual las características del tránsito y su distribución son factores determinantes en el diseño estructural del pavimento.

Tabla 43: Análisis y evaluación de Resultados del T.P.D.

TABLA DE RESULTADOS (T.P.D.)									
Nº	CALLE	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUSES	MICROBUSES	CAMIÓN	TOTAL
1	C/ Bolivar (entre Av/ La Paz y O'Connor)	1963	401	91	265	6	416	15	3157
2	C/Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1683	247	116	247	18	131	12	2454
3	C/Cochabamba (Colón - Daniel Campos)	1273	163	67	174	17	85	7	1786
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	1211	156	72	108	19	127	2	1695
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	1741	169	40	126	4	128	1	2210
6	C/ Gral. Trigo (entre La Madrid y 15 De Abril)	2200	637	152	362	1	0	0	3353
7	C/ Colón (entre Corrado y Cochabamba)	1531	165	23	162	4	214	5	2104
8	C/ Colón (entre Virgilio Lema - 15 De Abril)	1747	370	81	224	8	133	6	2569
9	C/ 15 De Abril (ente Colón y Suipacha)	2047	562	146	337	7	156	9	3264
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	1823	341	161	210	3	86	4	2629
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	1758	284	64	180	2	156	2	2447
12	C/Sucre (entre Virgilio Lema - 15 de Abril)	1753	392	80	242	1	2	3	2474
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	1352	140	19	93	1	17	0	1622
14	C/Daniel Campos (Corrado - Av/Domingo Paz)	1558	274	59	169	0	190	0	2250
15	Av/ Domingo Paz (Sucre y Daniel Campos)	1525	155	23	74	2	691	0	2471
16	Av/ Domingo Paz (entre Suipacha y Mendez)	1560	193	77	113	5	612	7	2567
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	1955	475	113	264	12	205	2	3026
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	3096	358	62	306	12	45	19	3898
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	3215	400	102	335	7	5	13	4079
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	2748	426	109	360	9	129	7	3788
21	C/Junin (entre Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	2386	400	121	292	16	131	11	3357
22	C/ O'Connor (Domingo Paz - Bolivar)	2965	427	144	441	21	139	34	4172
23	Av/ La Paz (entre Oruro y Bolivar)	2045	233	137	268	14	402	25	3124
24	Av/ La Paz (entre Bolivar y Oruro)	2102	224	100	261	14	358	18	3077
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1664	145	19	115	0	246	2	2192
26	Av/ La Paz (entre Ingavi - Av/ Belgrano)	2276	242	71	247	1	283	15	3135
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1880	325	82	254	4	248	6	2799
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	1323	201	66	166	8	290	6	2060
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1934	420	92	300	0	533	9	3287
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	793	85	39	63	1	132	1	1113

Fuente: Elaboración Propia

✚ En la evaluación y análisis de los resultados se pudo observar que las vías urbanas con mayor flujo vehicular y con mayor número de vehículos que produzcan mayor daño al pavimento, tienen mayor ESAL como se puede apreciar en la tabla 74.

Tabla 44: Análisis y Evaluación de Resultados Del ESAL (Pavimento Flexible)

N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS + MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O'Connor)	4.663E+03	1.807E+06	1.8121E+06	4.432E+05	2.26E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	3.802E+03	6.745E+05	6.7831E+05	3.576E+05	1.04E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	2.784E+03	4.480E+05	4.5074E+05	2.011E+05	6.52E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	2.661E+03	5.770E+05	5.7968E+05	6.332E+04	6.43E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	3.587E+03	5.843E+05	5.8788E+05	4.470E+04	6.33E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	5.791E+03	2.106E+05	2.1637E+05	0.000E+00	2.16E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	3.180E+03	9.444E+05	9.4759E+05	1.490E+05	1.10E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	4.183E+03	6.629E+05	6.6705E+05	1.900E+05	8.57E+05
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	5.314E+03	8.168E+05	8.2208E+05	2.794E+05	1.10E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	4.363E+03	4.639E+05	4.6827E+05	1.248E+05	5.93E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	3.954E+03	7.228E+05	7.2678E+05	6.146E+04	7.88E+05
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	4.251E+03	1.470E+05	1.5126E+05	7.822E+04	2.29E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	2.792E+03	1.199E+05	1.2267E+05	5.587E+03	1.28E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/Domingo Paz)	3.565E+03	8.527E+05	8.5627E+05	0.000E+00	8.56E+05
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	3.143E+03	2.788E+06	2.7914E+06	7.450E+03	2.80E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	3.383E+03	2.497E+06	2.5004E+06	2.198E+05	2.72E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	4.873E+03	9.736E+05	9.7845E+05	5.028E+04	1.03E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	6.516E+03	3.623E+05	3.6878E+05	5.587E+05	9.27E+05
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	6.897E+03	2.175E+05	2.2442E+05	4.060E+05	6.30E+05
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	6.146E+03	7.251E+05	7.3125E+05	1.993E+05	9.31E+05
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	6.756E+03	8.349E+05	8.4168E+05	3.922E+05	1.23E+06
22	C/O'Connor (Domingo Paz- Bolivar)	6.586E+03	8.189E+05	8.2552E+05	1.032E+06	1.86E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	4.437E+03	1.760E+06	1.7642E+06	7.636E+05	2.53E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	4.460E+03	1.580E+06	1.5844E+06	5.431E+05	2.13E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.358E+03	1.044E+06	1.0472E+06	7.263E+04	1.12E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	4.772E+03	1.265E+06	1.2695E+06	4.507E+05	1.72E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	4.303E+03	1.133E+06	1.1374E+06	1.810E+05	1.32E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.968E+03	1.252E+06	1.2546E+06	1.810E+05	1.44E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	4.661E+03	2.287E+06	2.2916E+06	2.663E+05	2.56E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.683E+03	5.620E+05	5.6373E+05	4.470E+04	6.08E+05

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45: Análisis y Evaluación de Resultados Del ESAL (Pavimento Rígido)

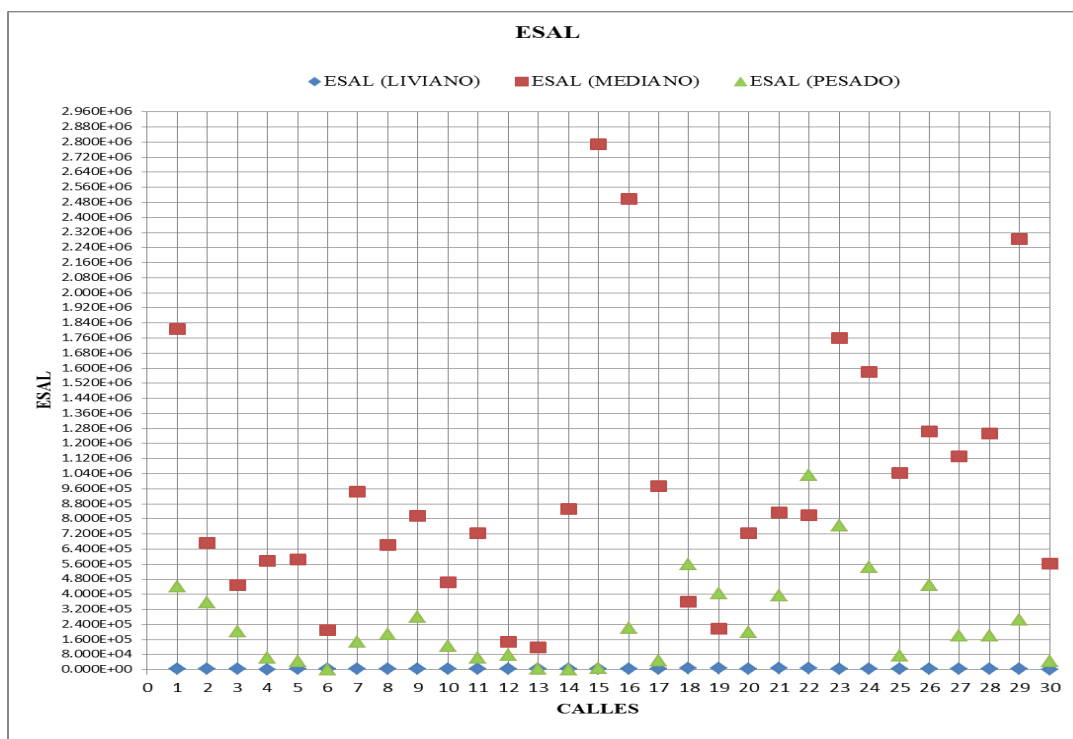
N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS+ MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	7.772E+03	2.641E+06	2.649E+06	7.198E+05	3.369E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	6.273E+03	9.988E+05	1.005E+06	5.807E+05	1.586E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	4.584E+03	6.647E+05	6.693E+05	3.266E+05	9.959E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	4.380E+03	8.470E+05	8.514E+05	1.028E+05	9.542E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	5.883E+03	8.572E+05	8.631E+05	7.259E+04	9.357E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	9.745E+03	3.334E+05	3.431E+05	0.000E+00	3.431E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	5.229E+03	1.382E+06	1.387E+06	2.420E+05	1.629E+06
8	C/ Colón (Virgilio Lema - 15 De Abril)	6.979E+03	9.791E+05	9.861E+05	3.085E+05	1.295E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	8.924E+03	1.211E+06	1.220E+06	4.537E+05	1.673E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	7.235E+03	6.890E+05	6.963E+05	2.026E+05	8.989E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	6.552E+03	1.062E+06	1.068E+06	9.981E+04	1.168E+06
12	C/Sucre (entre Virgilio Lema - 15 de Abril)	7.105E+03	2.320E+05	2.391E+05	1.270E+05	3.661E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	4.588E+03	1.811E+05	1.857E+05	9.073E+03	1.947E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	5.920E+03	1.249E+06	1.255E+06	0.000E+00	1.255E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	5.163E+03	4.048E+06	4.053E+06	1.210E+04	4.065E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	5.567E+03	3.629E+06	3.634E+06	3.569E+05	3.991E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	8.159E+03	1.433E+06	1.441E+06	8.166E+04	1.523E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	1.073E+04	5.501E+05	5.608E+05	9.073E+05	1.468E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	1.136E+04	3.420E+05	3.534E+05	6.593E+05	1.013E+06
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	1.017E+04	1.080E+06	1.090E+06	3.236E+05	1.414E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	1.118E+04	1.242E+06	1.253E+06	6.369E+05	1.890E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	1.088E+04	1.224E+06	1.234E+06	1.676E+06	2.910E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	7.282E+03	2.573E+06	2.580E+06	1.240E+06	3.820E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	7.318E+03	2.312E+06	2.319E+06	8.819E+05	3.201E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	5.502E+03	1.522E+06	1.528E+06	1.180E+05	1.645E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	7.839E+03	1.852E+06	1.860E+06	7.319E+05	2.592E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	7.141E+03	1.663E+06	1.670E+06	2.940E+05	1.964E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	4.908E+03	1.828E+06	1.833E+06	2.940E+05	2.127E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	7.782E+03	3.338E+06	3.346E+06	4.325E+05	3.778E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.762E+03	8.196E+05	8.224E+05	7.259E+04	8.950E+05

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la figura 28 y 29, existe una gran variación entre el ESAL liviano, ESAL Mediano y el ESAL pesado, esto debido que los LEF de los vehículos livianos son mucho menores que los LEF de los vehículos pesados, sin embargo los LEF de los vehículos medianos son menores que los

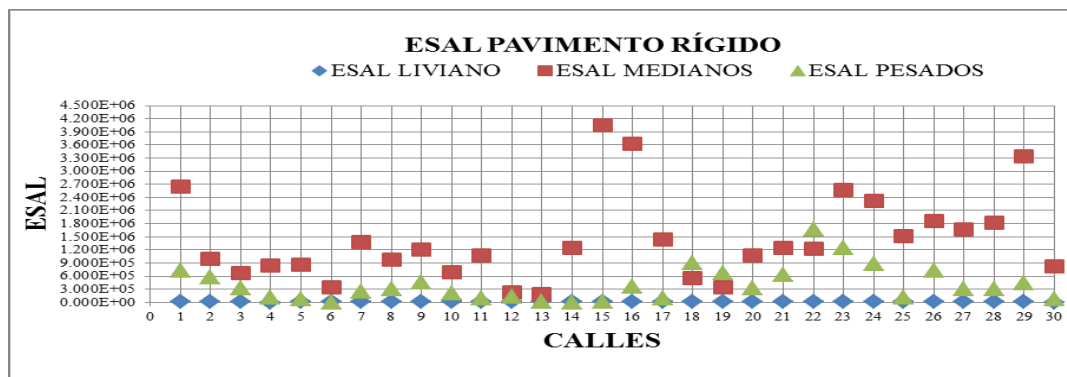
pesados, pero el ESAL de los medianos son mayores que los ESAL pesados debido a que el flujo vehicular de los medianos es mucho mayor que el de los pesados.

Figura 14: Comportamiento del ESAL liviano, mediano y pesado (Pavimento Flexible)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15: Comportamiento del ESAL liviano, mediano y pesado (Pavimento Rígido)



Fuente: Elaboración Propia

- Los vehículos livianos tienen mayor flujo por las vías urbanas y por lo cual la aplicación repetida de ellas también produce un daño al pavimento y la acumulación de estos también puede producir una falla a la estructura del pavimento igual o mayor a la falla que produce un vehículo pesado, por lo cual se propone nuevos LEF para los vehículos livianos.
- En la tabla 76 y 77 y grafica 30 y 31, se puede observar que los resultados del ESAL calculados con los LEF propuestos son más seguros por lo cual nos garantizan mayor seguridad en el diseño estructural.

Tabla 46: Análisis y Evaluación de Resultados del ESAL propuesto (Pavimento Flexible)

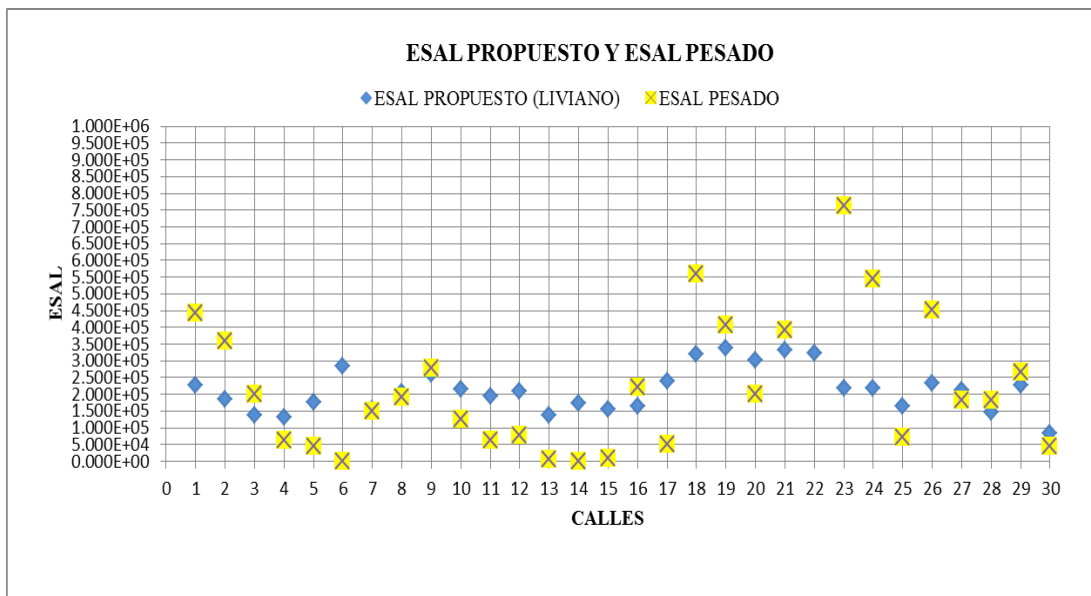
RESULTADOS ESAL PROPUESTO (PAVIMENTO FLEXIBLE)						
N°	CALLE	ESAL PROPUESTO (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL PROPUESTO LIVIANOS + MEDIANOS	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolívar (Av/ La Paz - O'Connor)	2.285E+05	1.807E+06	2.0359E+06	4.432E+05	2.479E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.863E+05	6.745E+05	8.6079E+05	3.576E+05	1.218E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	1.364E+05	4.480E+05	5.8436E+05	2.011E+05	7.855E+05
4	C/ Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	1.304E+05	5.770E+05	7.0739E+05	6.332E+04	7.707E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	1.757E+05	5.843E+05	7.6003E+05	4.470E+04	8.047E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	2.838E+05	2.106E+05	4.9435E+05	0.000E+00	4.944E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.558E+05	9.444E+05	1.1002E+06	1.490E+05	1.249E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	2.050E+05	6.629E+05	8.6783E+05	1.900E+05	1.058E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	2.604E+05	8.168E+05	1.0771E+06	2.794E+05	1.356E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	2.138E+05	4.639E+05	6.7768E+05	1.248E+05	8.025E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	1.937E+05	7.228E+05	9.1655E+05	6.146E+04	9.780E+05
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	2.083E+05	1.470E+05	3.5531E+05	7.822E+04	4.335E+05
13	C/Sucre (Bolívar - Av/Domingo Paz)	1.368E+05	1.199E+05	2.5667E+05	5.587E+03	2.623E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	1.747E+05	8.527E+05	1.0274E+06	0.000E+00	1.027E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	1.540E+05	2.788E+06	2.9422E+06	7.450E+03	2.950E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	1.657E+05	2.497E+06	2.6628E+06	2.198E+05	2.883E+06
17	C/ Mendez (Bolívar - Domingo Paz)	2.388E+05	9.736E+05	1.2124E+06	5.028E+04	1.263E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosí)	3.193E+05	3.623E+05	6.8155E+05	5.587E+05	1.240E+06
19	Av/Potosí (entre Santa Cruz y Junín)	3.379E+05	2.175E+05	5.5545E+05	4.060E+05	9.615E+05
20	Av/Potosí (entre Junín y Santa Cruz)	3.012E+05	7.251E+05	1.0263E+06	1.993E+05	1.226E+06
21	C/Junín (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	3.310E+05	8.349E+05	1.1660E+06	3.922E+05	1.558E+06
22	C/ O'Connor (Domingo Paz - Bolívar)	3.227E+05	8.189E+05	1.1417E+06	1.032E+06	2.173E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolívar)	2.174E+05	1.760E+06	1.9771E+06	7.636E+05	2.741E+06
24	Av/ La Paz (Bolívar - Oruro)	2.185E+05	1.580E+06	1.7985E+06	5.431E+05	2.342E+06
25	Av/ La Paz (Delfín Pino - Av/ Belgrano)	1.645E+05	1.044E+06	1.2084E+06	7.263E+04	1.281E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.339E+05	1.265E+06	1.4986E+06	4.507E+05	1.949E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	2.109E+05	1.133E+06	1.3440E+06	1.810E+05	1.525E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	1.454E+05	1.252E+06	1.3971E+06	1.810E+05	1.578E+06
29	C/ España (Delfín Pino - Av/ Belgrano)	2.284E+05	2.287E+06	2.5153E+06	2.663E+05	2.782E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	8.247E+04	5.620E+05	6.4451E+05	4.470E+04	6.892E+05

Fuente: Elaboración Propia

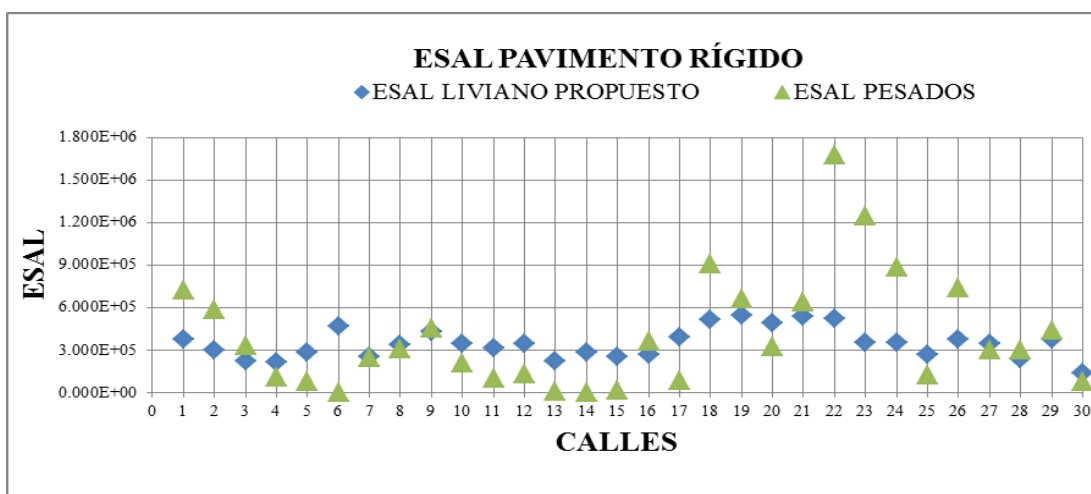
Tabla 47: Análisis y Evaluación de Resultados del ESAL propuesto (Pavimento Rígido)

N°	CALLE	ESAL PROPUESTO (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL PROPUESTO LIVIANOS+ MEDIANOS	ESAL PESADOS	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	3.731E+05	2.641E+06	3.014E+06	7.198E+05	3.73E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	3.011E+05	9.988E+05	1.300E+06	5.807E+05	1.88E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	2.200E+05	6.647E+05	8.847E+05	3.266E+05	1.21E+06
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	2.102E+05	8.470E+05	1.057E+06	1.028E+05	1.16E+06
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	2.824E+05	8.572E+05	1.140E+06	7.259E+04	1.21E+06
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	4.678E+05	3.334E+05	8.011E+05	0.000E+00	8.01E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	2.510E+05	1.382E+06	1.633E+06	2.420E+05	1.87E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	3.350E+05	9.791E+05	1.314E+06	3.085E+05	1.62E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	4.284E+05	1.211E+06	1.639E+06	4.537E+05	2.09E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	3.473E+05	6.890E+05	1.036E+06	2.026E+05	1.24E+06
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	3.145E+05	1.062E+06	1.376E+06	9.981E+04	1.48E+06
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	3.410E+05	2.320E+05	5.730E+05	1.270E+05	7.00E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	2.202E+05	1.811E+05	4.013E+05	9.073E+03	4.10E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	2.842E+05	1.249E+06	1.533E+06	0.000E+00	1.53E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	2.478E+05	4.048E+06	4.295E+06	1.210E+04	4.31E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	2.672E+05	3.629E+06	3.896E+06	3.569E+05	4.25E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	3.916E+05	1.433E+06	1.825E+06	8.166E+04	1.91E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	5.149E+05	5.501E+05	1.065E+06	9.073E+05	1.97E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	5.454E+05	3.420E+05	8.874E+05	6.593E+05	1.55E+06
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	4.883E+05	1.080E+06	1.568E+06	3.236E+05	1.89E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	5.365E+05	1.242E+06	1.778E+06	6.369E+05	2.42E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	5.220E+05	1.224E+06	1.746E+06	1.676E+06	3.42E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	3.495E+05	2.573E+06	2.923E+06	1.240E+06	4.16E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	3.513E+05	2.312E+06	2.663E+06	8.819E+05	3.55E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	2.641E+05	1.522E+06	1.786E+06	1.180E+05	1.90E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	3.763E+05	1.852E+06	2.229E+06	7.319E+05	2.96E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	3.428E+05	1.663E+06	2.005E+06	2.940E+05	2.30E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.356E+05	1.828E+06	2.064E+06	2.940E+05	2.36E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.735E+05	3.338E+06	3.712E+06	4.325E+05	4.14E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.326E+05	8.196E+05	9.522E+05	7.259E+04	1.02E+06

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16: Análisis y Evaluación del ESAL propuesto (Pavimento Flexible)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Análisis y Evaluación del ESAL propuesto (Pavimento Rígido)

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar el análisis y evaluación de los resultados se puede decir que el deterioro de los pavimentos no ocurre, sin embargo, bajo la aplicación de una sola carga. Es la aplicación repetida de ellas la que va acumulando efectos hasta producir la falla de la estructura, por lo cual también se debería tomar en cuenta el volumen de los vehículos livianos y no así como en la mayoría de los casos ser despreciados.

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESAL NORMAL CON LOS ESAL PROPUESTOS:

A continuación se muestra la tabla de resultados del ESAL normal y el ESAL propuesto:

PAVIMENTO FLEXIBLE:

Tabla 48: Resultados del ESAL Normal y ESAL propuesto

Nº	CALLE	ESAL TOTAL NORMAL	ESAL TOTAL PROPUESTO
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	2.26E+06	2.479E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.04E+06	1.218E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	6.52E+05	7.855E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	6.43E+05	7.707E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	6.33E+05	8.047E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	2.16E+05	4.944E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.10E+06	1.249E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	8.57E+05	1.058E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	1.10E+06	1.356E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	5.93E+05	8.025E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	7.88E+05	9.780E+05
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	2.29E+05	4.335E+05
13	C/Sucre (Bolívar - Av/Domingo Paz)	1.28E+05	2.623E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	8.56E+05	1.027E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	2.80E+06	2.950E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	2.72E+06	2.883E+06
17	C/ Mendez (Bolívar - Domingo Paz)	1.03E+06	1.263E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	9.27E+05	1.240E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	6.30E+05	9.615E+05
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	9.31E+05	1.226E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	1.23E+06	1.558E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	1.86E+06	2.173E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	2.53E+06	2.741E+06
24	Av/ La Paz (Bolívar - Oruro)	2.13E+06	2.342E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1.12E+06	1.281E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.72E+06	1.949E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1.32E+06	1.525E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	1.44E+06	1.578E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	2.56E+06	2.782E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	6.08E+05	6.892E+05

Fuente: Elaboración Propia

PAVIMENTO RÍGIDO:

Tabla 49: Resultados del ESAL Normal y ESAL propuesto (Pavimento Rígido)

RESULTADOS DEL ESAL TOTAL NORMAL Y ESAL TOTAL PROPUESTO			
N°	CALLE	ESAL TOTAL NORMAL	ESAL TOTAL PROPUESTO
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	3.37E+06	3.73E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.59E+06	1.88E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	9.96E+05	1.21E+06
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	9.54E+05	1.16E+06
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	9.36E+05	1.21E+06
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	3.43E+05	8.01E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.63E+06	1.87E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	1.29E+06	1.62E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	1.67E+06	2.09E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	8.99E+05	1.24E+06
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	1.17E+06	1.48E+06
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	3.66E+05	7.00E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	1.95E+05	4.10E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	1.25E+06	1.53E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	4.06E+06	4.31E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	3.99E+06	4.25E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	1.52E+06	1.91E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	1.47E+06	1.97E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	1.01E+06	1.55E+06
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	1.41E+06	1.89E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	1.89E+06	2.42E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	2.91E+06	3.42E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	3.82E+06	4.16E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	3.20E+06	3.55E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1.65E+06	1.90E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.59E+06	2.96E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1.96E+06	2.30E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.13E+06	2.36E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.78E+06	4.14E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	8.95E+05	1.02E+06

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 78 y 79, los ESAL propuestos son mayores que los ESAL normal. Y para un análisis más detallado se procederá a sacar el porcentaje de mayoración:

 PORCENTAJE DE MAYORACIÓN (PAVIMENTO FLEXIBLE):

Tabla 50: Análisis estadístico para la determinación del porcentaje de mayoración del ESAL (Pavimento Flexible)

ANALISIS ESTADISTICO PARA LA DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE MAYORACION DEL ESAL				
N°	CALLE	ESAL TOTAL NORMAL	ESAL TOTAL PROPUESTO	% DE MAYORACIÓN
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	2.26E+06	2.479E+06	9.028
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.04E+06	1.218E+06	14.977
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	6.52E+05	7.855E+05	17.012
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	6.43E+05	7.707E+05	16.570
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	6.33E+05	8.047E+05	21.393
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	2.16E+05	4.944E+05	56.232
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.10E+06	1.249E+06	12.217
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	8.57E+05	1.058E+06	18.981
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	1.10E+06	1.356E+06	18.803
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	5.93E+05	8.025E+05	26.096
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	7.88E+05	9.780E+05	19.404
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	2.29E+05	4.335E+05	47.068
13	C/Sucre (Bolívar - Av/Domingo Paz)	1.28E+05	2.623E+05	51.093
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	8.56E+05	1.027E+06	16.655
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	2.80E+06	2.950E+06	5.114
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	2.72E+06	2.883E+06	5.633
17	C/ Mendez (Bolívar - Domingo Paz)	1.03E+06	1.263E+06	18.525
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosí)	9.27E+05	1.240E+06	25.218
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	6.30E+05	9.615E+05	34.431
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	9.31E+05	1.226E+06	24.072
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	1.23E+06	1.558E+06	20.812
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	1.86E+06	2.173E+06	14.545
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	2.53E+06	2.741E+06	7.770
24	Av/ La Paz (Bolívar - Oruro)	2.13E+06	2.342E+06	9.142
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1.12E+06	1.281E+06	12.581
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.72E+06	1.949E+06	11.752
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1.32E+06	1.525E+06	13.545
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	1.44E+06	1.578E+06	9.028
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	2.56E+06	2.782E+06	8.043
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	6.08E+05	6.892E+05	11.721
			Media	19.249
			Desviación	12.801
			M+DES V	32.050
			M-DES V	6.448
			VERDADERO	15.745

Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de mayoración es **15.745%**.

Análisis comparativo del ESAL con un proyecto real:

ESAL De Diseño Para Pavimento Flexible Proyecto Iscayachi Tojo Carretas

$$\text{ESAL} = 500385 = 5.00385\text{E}+05$$

Aplicando el porcentaje de mayoración de 15.745% se obtiene el ESAL propuesto de:

ESAL propuesto De Diseño Para Pavimento Flexible Proyecto Iscayachi Tojo
Carretas

$$\text{ESAL} = 579173 = 5.79\text{E}+05$$

Como se puede observar el ESAL propuesto nos brinda mayor seguridad para el diseño de pavimentos, porque siendo mayor el ESAL nos dará un mayor dimensionamiento en el paquete estructural.

PORCENTAJE DE MAYORACIÓN (PAVIMENTO RÍGIDO):

Tabla 51: Análisis estadístico para la determinación del porcentaje de mayoración del ESAL en Pavimentos Rígidos

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE MAYORACIÓN DEL ESAL PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS				
N°	CALLE	ESAL TOTAL NORMAL	ESAL TOTAL PROPUESTO	% DE MAYORACIÓN
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	3.37E+06	3.73E+06	9.783
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.59E+06	1.88E+06	15.677
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	9.96E+05	1.21E+06	17.786
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	9.54E+05	1.16E+06	17.745
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	9.36E+05	1.21E+06	22.812
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	3.43E+05	8.01E+05	57.173
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.63E+06	1.87E+06	13.109
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	1.29E+06	1.62E+06	20.216
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	1.67E+06	2.09E+06	20.042
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	8.99E+05	1.24E+06	27.447
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	1.17E+06	1.48E+06	20.860
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	3.66E+05	7.00E+05	47.700
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	1.95E+05	4.10E+05	52.544
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	1.25E+06	1.53E+06	18.148
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	4.06E+06	4.31E+06	5.633
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	3.99E+06	4.25E+06	6.152
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	1.52E+06	1.91E+06	20.115
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	1.47E+06	1.97E+06	25.564
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	1.01E+06	1.55E+06	34.529
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	1.41E+06	1.89E+06	25.273
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	1.89E+06	2.42E+06	21.750
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	2.91E+06	3.42E+06	14.942
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	3.82E+06	4.16E+06	8.222
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	3.20E+06	3.55E+06	9.701
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1.65E+06	1.90E+06	13.582
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.59E+06	2.96E+06	12.444
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1.96E+06	2.30E+06	14.597
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.13E+06	2.36E+06	9.783
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.78E+06	4.14E+06	8.826
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	8.95E+05	1.02E+06	12.666
			MEDIA	20.16
			DESVIACION	12.88
			M+DESV	33.04
			M-DESV	7.29
			VERDADERO	16.71

Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de mayoración es **16.71%**.

Análisis comparativo del ESAL con un proyecto real:

ESAL De Diseño Para Pavimento Rígido en Villamontes

$$\text{ESAL} = 3.081.612 = 3.08\text{E}+06$$

Aplicando el porcentaje de mayoración de 16.71% se obtiene el ESAL propuesto de:
ESAL propuesto de diseño para pavimento Rígido en Villamontes:

$$\text{ESAL} = 3596612.89 = 3.60\text{E}+06$$

Como se puede observar el ESAL propuesto nos brinda mayor seguridad para el diseño de pavimentos.

 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS (PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO)

Tabla 52: Comparación del Factor de Corrección y el % De Mayoración

TABLA COMPARATIVA		
	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Factor de Corrección (f)	49	48
% De Mayoración	15.745	16.71

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53: Comparación de los LEFs Propuestos

COMPARACION DE LOS LEF PROPUESTOS							
Pavimento Flexible							
LEF Propuestos	Autos	Vagonetas	Jeep	Camionetas	Minibús	Microbús	Camión
F.E. Eje delantero	0.0049	0.0049	0.0049	0.008	0.008	0.0169	0.134
F.E. Eje Trasero	0.0049	0.0049	0.0049	0.0538	0.0538	0.5334	3.465
Pavimento Rígido							
LEF Propuestos	Autos	Vagonetas	Jeep	Camionetas	Minibús	Microbús	Camión
F.E. Eje delantero	0.0048	0.0048	0.0048	0.008	0.008	0.0166	0.128
F.E. Eje Trasero	0.0048	0.0048	0.0048	0.0516	0.0516	0.5221	3.59

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54: Análisis Comparativo del ESAL normal y ESAL propuesto de un proyecto real

Análisis Comparativo del ESAL con un Proyecto Real			
Pavimento Flexible		Pavimento Rígido	
ESAL (NORMAL)	ESAL (PROPUESTO)	ESAL (NORMAL)	ESAL (PROPUESTO)
5.00385 E+05	5.79E+05	3.08E+06	3.60E+06

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

✚ El aforo vehicular se realizó por el método de conteos manuales no automáticos, el cual fue escogido por no contar con equipos y por razones de tiempo y de carencia de recursos.

Este método nos permitió no solo determinar el total de vehículos que circulan por el punto de medición, sino que se obtuvo un “conteo clasificado” ya que se contabilizó el número de cada tipo de vehículo que pasa por la sección durante el tiempo de la medición.

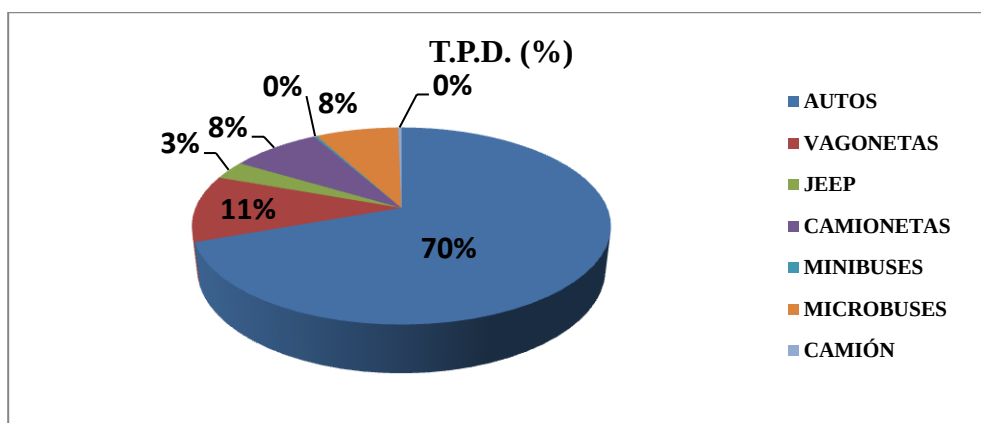
Tabla 1: Resultados Del T.P.H.

TABLA DE RESULTADOS (T.P.H.)									
Nº	CALLE	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUSES	MICROBUSES	CAMIÓN	TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O'Connor)	294	60	14	40	1	62	2	474
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	252	37	17	37	3	20	2	368
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	191	25	10	26	3	13	1	268
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	182	23	11	16	3	19	0	254
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	261	25	6	19	1	19	0	332
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	330	96	23	54	0	0	0	503
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	230	25	3	24	1	32	1	316
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	262	56	12	34	1	20	1	385
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	307	84	22	51	1	23	1	490
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	273	51	24	32	0	13	1	394
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	264	43	10	27	0	23	0	367
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	263	59	12	36	0	0	0	371
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	203	21	3	14	0	2	0	243
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	234	41	9	25	0	29	0	337
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	229	23	3	11	0	104	0	371
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	234	29	12	17	1	92	1	385
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	293	71	17	40	2	31	0	454
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	464	54	9	46	2	7	3	585
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	482	60	15	50	1	1	2	612
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	412	64	16	54	1	19	1	568
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	358	60	18	44	2	20	2	504
22	C/ O'Connor (Domingo Paz- Bolivar)	445	64	22	66	3	21	5	626
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	307	35	20	40	2	60	4	469
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	315	34	15	39	2	54	3	462
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	250	22	3	17	0	37	0	329
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	341	36	11	37	0	42	2	470
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	282	49	12	38	1	37	1	420
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	198	30	10	25	1	44	1	309
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	290	63	14	45	0	80	1	493
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	119	13	6	9	0	20	0	167

Fuente: Elaboración Propia

- ✚ El flujo vehicular en las vías urbanas de la ciudad de Tarija está compuesto por vehículos de distinto tipo y peso. La mayor parte de los vehículos son livianos como ser autos, vagonetas, jeep y camionetas, y seguidos de minibuses y micros, por último, en eventuales y bajo volumen, los vehículos pesados como son camiones de 2 ejes y 6 llantas.

Figura 1: Flujo Vehicular en las vías urbanas de la ciudad de Tarija



Fuente: Elaboración Propia

- ✚ El tránsito promedio diario es una de las variables fundamentales para la determinación del número de ejes equivalentes que solicitaran el pavimento.
- ✚ Existe una diferencia del cálculo entre el ESAL para una carretera y el ESAL para una vía urbana. Ya que para la primera, existen puestos de control o de peaje donde es posible pesar los vehículos, mientras que en una vía urbana es muy complicado el cálculo del ESAL porque en ella es imposible pesar los camiones que transitan.
- ✚ Si se toma en cuenta a partir del tipo vehículos, los vehículos livianos tienen una incidencia muy pequeña en el cálculo del ESALs. Por el contrario, los vehículos pesados tienen una incidencia muy grande sobre los ESALs y cualquier variación en la cantidad de los mismos puede arrojar diferencias significativas en el valor final.

Tabla 2: Resultados Del ESAL (Pavimento Flexible)

N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS + MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O'Connor)	4.663E+03	1.807E+06	1.8121E+06	4.432E+05	2.26E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	3.802E+03	6.745E+05	6.7831E+05	3.576E+05	1.04E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	2.784E+03	4.480E+05	4.5074E+05	2.011E+05	6.52E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	2.661E+03	5.770E+05	5.7968E+05	6.332E+04	6.43E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	3.587E+03	5.843E+05	5.8788E+05	4.470E+04	6.33E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	5.791E+03	2.106E+05	2.1637E+05	0.000E+00	2.16E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	3.180E+03	9.444E+05	9.4759E+05	1.490E+05	1.10E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	4.183E+03	6.629E+05	6.6705E+05	1.900E+05	8.57E+05
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	5.314E+03	8.168E+05	8.2208E+05	2.794E+05	1.10E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	4.363E+03	4.639E+05	4.6827E+05	1.248E+05	5.93E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	3.954E+03	7.228E+05	7.2678E+05	6.146E+04	7.88E+05
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	4.251E+03	1.470E+05	1.5126E+05	7.822E+04	2.29E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	2.792E+03	1.199E+05	1.2267E+05	5.587E+03	1.28E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/Domingo Paz)	3.565E+03	8.527E+05	8.5627E+05	0.000E+00	8.56E+05
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	3.143E+03	2.788E+06	2.7914E+06	7.450E+03	2.80E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	3.383E+03	2.497E+06	2.5004E+06	2.198E+05	2.72E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	4.873E+03	9.736E+05	9.7845E+05	5.028E+04	1.03E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	6.516E+03	3.623E+05	3.6878E+05	5.587E+05	9.27E+05
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	6.897E+03	2.175E+05	2.2442E+05	4.060E+05	6.30E+05
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	6.146E+03	7.251E+05	7.3125E+05	1.993E+05	9.31E+05
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	6.756E+03	8.349E+05	8.4168E+05	3.922E+05	1.23E+06
22	C/ O'Connor (Domingo Paz- Bolivar)	6.586E+03	8.189E+05	8.2552E+05	1.032E+06	1.86E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	4.437E+03	1.760E+06	1.7642E+06	7.636E+05	2.53E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	4.460E+03	1.580E+06	1.5844E+06	5.431E+05	2.13E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.358E+03	1.044E+06	1.0472E+06	7.263E+04	1.12E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	4.772E+03	1.265E+06	1.2695E+06	4.507E+05	1.72E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	4.303E+03	1.133E+06	1.1374E+06	1.810E+05	1.32E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.968E+03	1.252E+06	1.2546E+06	1.810E+05	1.44E+06
29	C/España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	4.661E+03	2.287E+06	2.2916E+06	2.663E+05	2.56E+06
30	C/España (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.683E+03	5.620E+05	5.6373E+05	4.470E+04	6.08E+05

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Resultados Del ESAL (Pavimento Rígido)

N°	CALLE	ESAL (LIVIANOS)	ESAL (MEDIANOS)	ESAL (LIVIANOS + MEDIANOS)	ESAL (PESADOS)	ESAL TOTAL
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	7.772E+03	2.641E+06	2.649E+06	7.198E+05	3.369E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	6.273E+03	9.988E+05	1.005E+06	5.807E+05	1.586E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	4.584E+03	6.647E+05	6.693E+05	3.266E+05	9.959E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	4.380E+03	8.470E+05	8.514E+05	1.028E+05	9.542E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	5.883E+03	8.572E+05	8.631E+05	7.259E+04	9.357E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	9.745E+03	3.334E+05	3.431E+05	0.000E+00	3.431E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	5.229E+03	1.382E+06	1.387E+06	2.420E+05	1.629E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	6.979E+03	9.791E+05	9.861E+05	3.085E+05	1.295E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	8.924E+03	1.211E+06	1.220E+06	4.537E+05	1.673E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	7.235E+03	6.890E+05	6.963E+05	2.026E+05	8.989E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	6.552E+03	1.062E+06	1.068E+06	9.981E+04	1.168E+06
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	7.105E+03	2.320E+05	2.391E+05	1.270E+05	3.661E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	4.588E+03	1.811E+05	1.857E+05	9.073E+03	1.947E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	5.920E+03	1.249E+06	1.255E+06	0.000E+00	1.255E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	5.163E+03	4.048E+06	4.053E+06	1.210E+04	4.065E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	5.567E+03	3.629E+06	3.634E+06	3.569E+05	3.991E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	8.159E+03	1.433E+06	1.441E+06	8.166E+04	1.523E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	1.073E+04	5.501E+05	5.608E+05	9.073E+05	1.468E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	1.136E+04	3.420E+05	3.534E+05	6.593E+05	1.013E+06
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	1.017E+04	1.080E+06	1.090E+06	3.236E+05	1.414E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosí)	1.118E+04	1.242E+06	1.253E+06	6.369E+05	1.890E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	1.088E+04	1.224E+06	1.234E+06	1.676E+06	2.910E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	7.282E+03	2.573E+06	2.580E+06	1.240E+06	3.820E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	7.318E+03	2.312E+06	2.319E+06	8.819E+05	3.201E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	5.502E+03	1.522E+06	1.528E+06	1.180E+05	1.645E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	7.839E+03	1.852E+06	1.860E+06	7.319E+05	2.592E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	7.141E+03	1.663E+06	1.670E+06	2.940E+05	1.964E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	4.908E+03	1.828E+06	1.833E+06	2.940E+05	2.127E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	7.782E+03	3.338E+06	3.346E+06	4.325E+05	3.778E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.762E+03	8.196E+05	8.224E+05	7.259E+04	8.950E+05

Fuente: Elaboración Propia

El crecimiento vehicular se tomó de acuerdo al crecimiento del parque automotor y según el uso del combustible del municipio de Tarija según el censo del año 2012, cuyos resultados obtenidos son:

Tabla 4: Resultados Índice De Crecimiento

REFERENCIA	(automovil)	i(camión)	camioneta	i(Jeep)	(Microbús)	i(Minibús)	(Vagoneta)
Parque Automotor	6.782	6.978	7.628	4.488	4.261	7.988	12.904
Uso de combustible	6.295	4.654	6.747	4.015	3.363	8.269	10.583
MEDIA	6.539	5.816	7.187	4.252	3.812	8.129	11.743

índice de crecimiento para todo el tráfico	8%
--	----

Fuente: Elaboración Propia

- ✚ Un eje de un vehículo liviano no produce el mismo daño que un eje de un camión. Para comparar distintas configuraciones de ejes, es necesario analizar su efecto sobre el pavimento, es decir, tensiones y deformaciones inducidas, y no extrapolar valores de LEFs de las tablas de la AASHTO.

Tabla 5: Factores equivalentes de carga

Tipo de Vehículo	AUTOS	VAGONETAS	JEEP	CAMIONETAS	MINIBUS	MICROBUS	CAMION
F.E. Eje Delantero	0.0001	0.0001	0.0001	0.008	0.008	0.0169	0.134
F.E. Eje Trasero	0.0001	0.0001	0.0001	0.0538	0.0538	0.5334	3.465

Fuente: Elaboración Propia

- ✚ Se debe tomar muy en cuenta el valor inicial de la serviciabilidad, ya que este parámetro tiene un impacto significativo en la elección de los LEFs para el cálculo del ESALs. Porque en análisis recientes indican que los factores equivalentes de carga están influenciados por la serviciabilidad en el momento de la aplicación de la carga. Los LEFs aumentan a medida que la serviciabilidad baja.
- ✚ Los resultados de los factores de corrección para los LEF propuestos son los siguientes:

Tabla 6: Resultados de los LEF propuestos

Pavimento Flexible							
LEF Propuestos	Autos	Vagonetas	Jeep	Camionetas	Minibús	Microbús	Camión
F.E. Eje delantero	0.0049	0.0049	0.0049	0.008	0.008	0.0169	0.134
F.E. Eje Trasero	0.0049	0.0049	0.0049	0.0538	0.0538	0.5334	3.465
Pavimento Rígido							
LEF Propuestos	Autos	Vagonetas	Jeep	Camionetas	Minibús	Microbús	Camión
F.E. Eje delantero	0.0048	0.0048	0.0048	0.008	0.008	0.0166	0.128
F.E. Eje Trasero	0.0048	0.0048	0.0048	0.0516	0.0516	0.5221	3.59

Fuente: Elaboración Propia

✚ Se verifico que estos nuevos LEF propuestos pueden ser considerados como válidos porque se pueden obtener mejores resultados como se muestra en la siguiente tabla, los mismos se aproximan a ESAL que nos pueden brindan mayor seguridad en el diseño estructural de los pavimentos.

Tabla 7: ESAL normal y ESAL propuesto de un Proyecto Real

Análisis Comparativo del ESAL con un Proyecto Real			
Pavimento Flexible		Pavimento Rígido	
ESAL (NORMAL)	ESAL (PROPUESTO)	ESAL (NORMAL)	ESAL (PROPUESTO)
5.00385 E+05	5.79E+05	3.08E+06	3.60E+06

Fuente: Elaboración Propia

PAVIMENTO FLEXIBLE:

Tabla 8: Resultados del ESAL Normal y ESAL propuesto (pavimento flexible)

Nº	CALLE	ES AL TOTAL NORMAL	ES AL TOTAL PROPUESTO
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	2.26E+06	2.479E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.04E+06	1.218E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	6.52E+05	7.855E+05
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	6.43E+05	7.707E+05
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	6.33E+05	8.047E+05
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	2.16E+05	4.944E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.10E+06	1.249E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	8.57E+05	1.058E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	1.10E+06	1.356E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	5.93E+05	8.025E+05
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	7.88E+05	9.780E+05
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	2.29E+05	4.335E+05
13	C/Sucre (Bolívar - Av/Domingo Paz)	1.28E+05	2.623E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	8.56E+05	1.027E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	2.80E+06	2.950E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	2.72E+06	2.883E+06
17	C/ Mendez (Bolívar - Domingo Paz)	1.03E+06	1.263E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	9.27E+05	1.240E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	6.30E+05	9.615E+05
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	9.31E+05	1.226E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	1.23E+06	1.558E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	1.86E+06	2.173E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	2.53E+06	2.741E+06
24	Av/ La Paz (Bolívar - Oruro)	2.13E+06	2.342E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1.12E+06	1.281E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	1.72E+06	1.949E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1.32E+06	1.525E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	1.44E+06	1.578E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	2.56E+06	2.782E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	6.08E+05	6.892E+05

Fuente: Elaboración Propia

PAVIMENTO RÍGIDO:

Tabla 9: Resultados del ESAL Normal y ESAL propuesto (Pavimentos Rígidos)

RESULTADOS DEL ESAL TOTAL NORMAL Y ESAL TOTAL PROPUESTO			
N°	CALLE	ESAL TOTAL NORMAL	ESAL TOTAL PROPUESTO
1	C/ Bolivar (Av/ La Paz - O`Connor)	3.37E+06	3.73E+06
2	C/ Cochabamba (Daniel Campos y Colón)	1.59E+06	1.88E+06
3	C/ Cochabamba (Colón y Daniel Campos)	9.96E+05	1.21E+06
4	C/Gral. Trigo (A. Corrado - Domingo Paz)	9.54E+05	1.16E+06
5	C/ Gral. Trigo (Crevaux - Cochabamba)	9.36E+05	1.21E+06
6	C/ Gral. Trigo (La Madrid y 15 De Abril)	3.43E+05	8.01E+05
7	C/ Colón (Corrado y Cochabamba)	1.63E+06	1.87E+06
8	C/ Colón (Virginio Lema - 15 De Abril)	1.29E+06	1.62E+06
9	C/ 15 De Abril (Colón - Suipacha)	1.67E+06	2.09E+06
10	C/Suipacha (La Madrid - 15 De Abril)	8.99E+05	1.24E+06
11	C/Suipacha (Corrado - Av/Domingo Paz)	1.17E+06	1.48E+06
12	C/Sucre (entre Virginio Lema - 15 de Abril)	3.66E+05	7.00E+05
13	C/Sucre (Bolivar - Av/Domingo Paz)	1.95E+05	4.10E+05
14	C/Daniel Campos (Corrado-Av/ Domingo Paz)	1.25E+06	1.53E+06
15	Av/ Domingo Paz (Sucre-Daniel Campos)	4.06E+06	4.31E+06
16	Av/ Domingo Paz (Suipacha y Mendez)	3.99E+06	4.25E+06
17	C/ Mendez (Bolivar - Domingo Paz)	1.52E+06	1.91E+06
18	C/Santa Cruz (Antes de llegar a la Av/Potosi)	1.47E+06	1.97E+06
19	Av/Potosi (entre Santa Cruz y Junin)	1.01E+06	1.55E+06
20	Av/Potosi (entre Junin y Santa Cruz)	1.41E+06	1.89E+06
21	C/Junin (Av/Domingo Paz y Av/Potosi)	1.89E+06	2.42E+06
22	C/ O`Connor (Domingo Paz- Bolivar)	2.91E+06	3.42E+06
23	Av/ La Paz (Oruro - Bolivar)	3.82E+06	4.16E+06
24	Av/ La Paz (Bolivar - Oruro)	3.20E+06	3.55E+06
25	Av/ La Paz (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	1.65E+06	1.90E+06
26	Av/ La Paz (Ingavi - Av/ Belgrano)	2.59E+06	2.96E+06
27	Av/Belgrano (Av/La Paz y Eulogio Ruiz)	1.96E+06	2.30E+06
28	Av/Belgrano (Eulogio Ruiz y Av/ La Paz)	2.13E+06	2.36E+06
29	C/ España (Delfin Pino - Av/ Belgrano)	3.78E+06	4.14E+06
30	C/ España (Ingavi - Av/ Belgrano)	8.95E+05	1.02E+06

Fuente: Elaboración Propia

- El deterioro de los pavimentos no ocurre, sin embargo, bajo la aplicación de una sola carga. Es la aplicación repetida de ellas la que va acumulando efectos hasta producir la falla de la estructura.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debe dar más importancia y fomentar el estudio de la variable del tránsito, ya que es uno de los parámetros de diseño fundamentales y aunque se puedan permitir ciertas imprecisiones en la determinación de esta variable, siempre será necesario conocerla para poder determinar los espesores de las capas que constituyen el pavimento.
- Se recomienda seguir estudiando la variable tránsito en las vías del municipio de Tarija, ya que consideramos que con este estudio realizado es un buen resultado pero sin embargo se recomienda que se amplíe el estudio en más vías urbanas, para que así se obtenga un factor de corrección más representativo.
- Se recomienda tomar en cuenta los factores de corrección para los LEF propuestos para los próximos proyectos de diseño de pavimentos, para obtener mejores resultados.