



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Determinación de factores para ajuste de volúmenes de
tránsito en la vía Loja – Zamora E50**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: Rey Granda, Mireya Estefanía

DIRECCIÓN: Zárate Torres, Belizario Amador, Mgs

LOJA – ECUADOR

2016



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2016

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

Belizario Amador Zárate Torres.

DOCENTE DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: “Determinación de factores para ajuste de volúmenes de tránsito en la vía Loja – Zamora E50” realizado por Mireya Estefanía Rey Granda, ha sido orientado y realizado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Febrero 2016.

f).....

DECLARACION DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Mireya Estefanía Rey Granda, declaro ser autor del Trabajo de Fin de Titulación “Determinación de factores para ajuste de volúmenes de tránsito en la vía Loja – Zamora E50”, correspondiente a la Titulación de Ingeniería Civil, siendo el Mgs. Belizario Amador Zarate Torres, Director del presente Proyecto; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente proyecto de fin de Titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

A más de ello, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del Patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f:

Mireya Estefanía Rey Granda

Cedula: 1104710783

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su amor y apoyo incondicional me han sabido guiar en cada decisión tomada, formándome desde pequeña con principios y valores, inculcándome que solo con esfuerzo se llega lejos, mis padres, que sin ellos, no hubiese podido culminar este gran sueño.

A mi hermano, quien me ha inspirado toda mi vida, a quien admiro como profesional pero sobre todo como persona, el que me ha enseñado a no rendirme jamás y a mantenerme en mi sueño pese a todas las dificultades que se me pudieren presentar y porque más que un hermano ha sido un padre para mi

A mis sobrinos, los dueños de mi corazón, quienes con su ternura y genuino amor me han levantado muchas veces cuando he caído.

A mis amigos más fraternos y a mi eterno amor Diego, por todo su amor paciencia e incondicionalidad.

Mireya Estefanía

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien con su infinito amor me ha sabido conceder la fé que necesité durante los momentos difíciles, fortaleza para persistir en mi meta y la paz reconfortante para mantenerme en pie.

A mis padres, que día a día estuvieron apoyándome para llegar al final de este sueño, mi padre que me enseñó carácter y tenacidad, mi madre que con su dulzura supo hacer más fácil el camino.

A mis hermanos, de manera muy especial a mi hermano Darwin, quien siempre ha creído en mí y supo decirme con amor, las palabras precisas para motivarme a continuar, quien ha sido el referente de ser humano más grande en mi vida.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, especialmente a los docentes de la titulación de Ingeniería Civil, los cuales con sus acertadas enseñanzas supieron motivarme a la culminación de mi sueño

Y de manera muy especial, agradezco profundamente al Mgs. Belizario Amador Zarate Torres, por sus enseñanzas primero como mi docente y luego como director de tema en mi trabajo de fin titulación. Infinitas y sinceras gracias por su paciencia, su dedicación e incondicionalidad en el transcurso de mi vida estudiantil.

La Autora.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACION DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO I. GENERALIDADES.....	3
1.1 INTRODUCCION.....	4
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1. OBJETIVOS GENERALES.....	5
1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
1.3 JUSTIFICACION.....	5
CAPITULO II.FUNDAMENTOS INGENIERIA DE TRANSITO.....	7
2.1. Elementos de Transito.....	8
2.1.1. Conceptos Fundamentales.....	8
2.2. Volumen de Tránsito.....	8
2.3. Aforos vehiculares.....	11
2.3.1. Manuales.....	11
2.3.2. Aforo con contador neumático.....	12
2.4. Estaciones de Aforo de Control.....	12
2.4.1. Estación Permanente.....	12
2.4.2. Estación Sumaria.....	12
2.5. Ajuste de Volúmenes de Transito.....	12
2.5.1. Factores de Ajustes en Zonas Rurales.....	13
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.....	14
3.1. Metodología.....	15
3.2. Materiales y Equipos Utilizados.....	15
3.2.1. MetroCount 5600.....	15
CAPITULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS.....	19

4.1. Resultado del Aforo.....	20
4.2. Determinación de Factores de Ajuste	20
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFIA.....	30
ANEXOS.....	31

RESUMEN

A través del presente trabajo de fin de titulación, se pretende determinar los factores de ajuste de volúmenes de tránsito en la vía Loja – Zamora E50, con el objetivo de que sean aplicables a otras vías de similares características y a otros periodos de tiempo. Para cada mes del año 2015 se han establecido los factores de ajuste mensual, así como también los factores de ajuste diario de la semana seleccionada y detallada en el capítulo correspondiente a análisis de resultados.

Las mediciones de los volúmenes de tráfico para el presente estudio, se los ha realizado con un contador de tipo neumático denominado MetroCount 5600 el mismo que ha sido instalado en un tramo de la vía Loja-Zamora E50 en el kilómetro 5+300 provisto de dos sensores instalados en forma transversal a la vía. El tiempo destinado de aforo se lo ha realizado durante tres meses y de forma continua, para de esta manera obtener datos representativos y sobre todo reales de los volúmenes de tránsito de la vía Loja-Zamora.

PALABRAS CLAVES: factores de ajuste, volúmenes de tránsito, contador neumático.

ABSTRACT

Through the present degree thesis, we try to determine the adjustment factors of traffic volume on the road Loja - Zamora E50, the purpose is to apply to other roads with similar characteristics and other time periods. For each month of 2015 establish monthly adjustment factors, as well as the daily adjustment factors, selected and detailed in the section on analysis of results Chapter.

For the measurements of traffic volumes for this study, we use a pneumatic counter called MetroCount 5600 installed on a stretch of road Loja – Zamora E50 in 5+300 kilometers, equipped with sensors installed transversely to the road. The measurements were performed was three months continuously, to obtain representative data and especially actual of traffic volumes of road Loja - Zamora.

KEY WORDS: adjustment factors, traffic volume, pneumatic counter.

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Actualmente se hace indispensable cubrir las necesidades sobre la operatividad del tránsito por calles y carreteras, y que estas puedan generar la circulación de personas y mercancías de manera segura, eficaz y rápida, por ello es que la búsqueda de la perfecta relación diseño/funcionalidad es totalmente relevante en un proyecto vial.

Al momento de proyectar una vía o carretera, se debe tomar en cuenta que la selección del tipo de vía, los accesos, las intersecciones y los servicios dependen directamente del volumen de tránsito que va a circular en un intervalo de tiempo determinado, de su tasa de crecimiento, de su variación y de su composición (Vargas, Rincón y González, 2012).

Si se cometen errores en el aforo de los volúmenes de tránsito ocurrirán dos casos, en el primero, si es que los volúmenes de tránsito son considerablemente inferiores a los volúmenes proyectados sería beneficioso y por el contrario resultaría perjudicial cuando los volúmenes de tránsito aforados son muy altos a los proyectados desembocando problemas de congestionamiento (Cal, Mayor y Cárdenas, 1994).

Se debe entender que el conocimiento integral de tráfico será el que genere mejores sistemas de circulación vial, es así como un mal diseño de tráfico conlleva directamente a un mal servicio del mismo. De esta manera, cada vez se hace más urgente obtener más y mejores conocimientos en esta rama de la ingeniería que puede brindar a la sociedad un sistema de tráfico sostenible.

Los volúmenes de tráfico son valores reales recolectados in situ y son los principales datos que permiten determinar otros parámetros de tráfico. Es por ello que se busca en el presente estudio, aforar los volúmenes de tránsito de la vía Loja-Zamora durante un periodo de tiempo pertinente, para la posterior determinación de factores de ajuste que permitan el cálculo del tráfico promedio diario (TPD) de otra vía de similares características y en otros periodos de tiempo. Para ello se requiere del dispositivo MetroCount 5600 el cual es un contador neumático que se instala en la vía de estudio.

Obtenidos los ajustes mensual y diario se procede a validar dichos cálculos en una vía de comportamiento similar a la vía de estudio.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVOS GENERALES

- ✓ Determinar los factores de ajustes mensuales y diarios para los volúmenes de tránsito en la ruta E50 Loja- Zamora.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Determinar los volúmenes mensuales y semanales mediante con el empleo de un contador neumático.
- ✓ Establecer los factores de ajuste mensual para los meses aforados.

1.3 JUSTIFICACION

Los volúmenes de tránsito se los realiza básicamente con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento vehicular sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial, por lo que generar aforos más prolongados para la obtención de datos más reales son de vital importancia para establecer el nivel de eficiencia y funcionalidad de un proyecto.

Debido a que no siempre en la mayor parte de vías, se puede tener información de volúmenes de tránsito y menos aún en periodos largos como un año, se ve la necesidad de contar con estaciones maestras de aforo permanente, las cuales permitirán calcular factores de ajuste que sean aplicables a otras vías con características y comportamientos similares y dentro de las cuales se realicen aforos en periodos de tiempo cortos (Cal et al., 1994).

Se puede determinar el patrón básico de variación de volumen de tránsito para cada tipo de vía, mediante una clasificación correcta de las vías y aforos, esto se debe básicamente a que el tránsito tiene variaciones cíclicas predecibles y precisamente los aforos proporcionan información muy importante referente a patrones de variación

horaria, diaria, periódica o anual del volumen de tránsito (Cal et al., 1994). Por lo anteriormente expuesto, es que se sustenta el uso de factores de ajuste para la estimación de volúmenes de tránsito de otra vía y de otros periodos de tiempo reduciendo de esta manera, el tiempo de aforo vehicular en otra vía en la cual se quiera determinar el tráfico promedio diario

CAPITULO II.FUNDAMENTOS INGENIERIA DE TRANSITO

2.1. Elementos de Transito

2.1.1. Conceptos Fundamentales

Para poder comprender los conceptos básicos y técnicos de la Ingeniería de Tránsito y Transporte, se presentan a continuación algunas definiciones que el diccionario de la Real Academia Española presenta:

- ✓ Trafico: Se define el tráfico, como el tránsito de personas y la circulación de los vehículos por calles, vías carreteras, etc.
- ✓ Transportar: Es el acto de llevar una cosa de un sitio a otro.
- ✓ Transporte o transportación: Es el acto y efecto transportar o transportarse
- ✓ Transitar: Es la acción de ir o pasar de un determinado punto a otro a través de vías, calles, etc.
- ✓ Transito: Es el sitio por donde se pasa de un punto a otro

Por su lado, el Instituto de Ingenieros de Transporte, ITE proporciona algunos conceptos fundamentales de la Ingeniería de Transporte y la Ingeniería de Transito

Ingeniería de Transporte: Consiste en la aplicación de los principios tecnológicos y científicos direccionados a la planeación, a la funcionalidad del proyecto, a la operación del mismo y a la administración que amerite las múltiples partes de cualquier forma de transporte, esto con el objetivo de proporcionar la movilización de personas y mercancías de una forma segura, eficiente, confortable, económica y compatible con el ambiente.

Ingeniería de Transito: Es la etapa de la ingeniería de transporte que contiene todo lo referente a planeación, el diseño geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y la relación que existe con otros modos de transporte (Cal et al., 1994).

Por lo expuesto anteriormente se puede decir que la Ingeniería de Transito es una fase de la Ingeniería de transporte, así como también el Proyecto Geométrico es una etapa de la Ingeniería de Transito.

2.2. Volumen de Tránsito

Es la cantidad de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados de un carril en un intervalo de tiempo determinado (Cal et al., 1994).

Se expresa de la siguiente manera:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1)$$

En donde:

Q = cantidad de vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = intervalo de tiempo determinado (unidades de tiempo)

Dependiendo del periodo de tiempo que se desea analizar se pueden distinguir varios tipos de volumen de tránsito, como se definen a continuación (Cal et al., 1994).

2.2.1. Volúmenes de Tránsito promedio diarios

El tránsito promedio diario (TPD) corresponde al número de vehículos que pasan durante un periodo de tiempo determinado (en días completos) igual o menor a un año y mayor a un día, dividido para el número de días del periodo completo (Alonzo y Rodríguez, 2005).

2.2.1.1. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El TPDA corresponde al número de vehículos que pasa por un punto de una vía en un periodo de un año (Cal et al., 1994). Se puede establecer su valor mediante la siguiente expresión:

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (2)$$

Donde:

TA = tráfico anual

2.2.1.2. Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

Se define como el número total de vehículos que pasan por determinado punto de la vía durante un mes (Cal et al., 1994). Se puede calcular este valor con la siguiente expresión:

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad (3)$$

Donde:

TM = tráfico mensual

2.2.1.3. Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

Es el número total de vehículos que pasan por determinado punto de la vía durante una semana (Cal et al., 1994). Se determina este valor con la siguiente expresión

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad (4)$$

Donde:

TS = tráfico semanal

2.2.2. Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Se define como volúmenes de tránsito absolutos o totales, al número total de vehículos que pasan durante un periodo específico de tiempo. A continuación se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales, dependiendo de la duración del periodo de tiempo (Cal et al., 1994).

2.2.2.1. Tránsito diario (TD)

Es el número total de vehículos que pasan por determinado punto de la vía durante un día.

2.2.2.2. Tránsito horario (TH)

Es el número total de vehículos que pasan por determinado punto de la vía durante una hora

2.2.2.3. Tasa de Flujo o flujo (q)

Se define como la frecuencia mediante la cual pasan los vehículos durante un intervalo de tiempo específico menos a una hora, se expresa como la tasa horaria equivalente.

2.3. Aforos vehiculares

Es indispensable para un estudio completo y eficiente de tránsito, un aforo vehicular que proporcione datos de volúmenes de tráfico en una determinada sección vial, esto se lo consigue de forma manual o mediante contadores automáticos. (Cal et al., 1994).

2.3.1. Manuales

Este tipo de aforo consiste en la obtención de volúmenes de tránsito empleando un personal en campo. A este método se lo realiza cuando no es posible emplear aparatos mecánicos/neumáticos. El registro vehicular se lo puede realizar sobre un formato impreso personalizado o mediante contadores manuales. Además este método tiene sus ventajas basadas en la obtención detallada de datos en campo que se las menciona a continuación:

- ✓ Obtención de volúmenes de tránsito con la respectiva clasificación vehicular, es decir los aforadores de tránsito podrán registrar el tipo de vehículo que circula por el tramo de carretera (vehículos livianos, vehículos pesados, camiones etc.) así como también el peso y el número de ejes.
- ✓ Datos sobre el número de personas o pasajeros por vehículo.
- ✓ Determinación de la dirección del recorrido de cada vehículo.
- ✓ Se puede dividir los conteos en los intervalos deseados (de 30min o incluso 15min) dependiendo del propósito con que se realice el aforo.

Una desventaja en este método es por lo general los errores humanos al momento de registrar equivocadamente el número y/o el tipo de vehículos que transitan en el tramo de vía en estudio por lo que se requiere ser más estricto en las mediciones de campo para en lo posible minimizar los posibles errores. Otro factor que se presenta como una desventaja es el hecho de que resulta poco económico el conteo manual para la obtención de información permanente.

Vale acotar que en este tipo de aforo se necesita contar con el suficiente personal y que este sea previamente capacitado para asumir la responsabilidad de la obtención de los volúmenes de tránsito. Si el número de vehículos contabilizados en un estación de conteo es superior a 2000 veh/h, el método de conteo manual no es factible de realizarlo (Méndez, 2000).

2.3.2. Aforo con contador neumático

Este método a diferencia del manual puede generar datos más precisos de volúmenes de tránsito ya que emplea un sistema integral de software y hardware para el conteo vehicular que reemplaza a los aforadores de tránsito (personas).

El contador neumático puede ser instalado en vías de interés de estudio para monitorear el tránsito y obtener un registro de dicho monitoreo.

Este tipo de contador está conformado por una manguera flexible que se coloca en forma transversal sobre la vía, la cual transmite los impulsos de aire ocasionados por la presión al paso del vehículo. Por cada dos impulsos de aire se registra un vehículo (Vargas et al, 2012). Más tarde es necesario corregir esta estimación de acuerdo con el porcentaje de vehículos de tres y más ejes. Para ello es necesario hacer una clasificación manual, por observación, durante un período relativamente corto, a menudo cuando se visita el sitio, para confirmar su funcionamiento y descargar el aforo.

2.4. Estaciones de Aforo de Control.

2.4.1. Estación Permanente

En la estación permanente se realizan conteos vehiculares continuos e ininterrumpidamente para la determinación de los volúmenes horarios de vehículos a lo largo de todo un año o más, en determinado punto de la vía en estudio (Hernández, 2010).

2.4.2. Estación Sumaria

En este tipo de estación se realizan continuamente e ininterrumpidamente los conteos de tránsito registrando los volúmenes horarios vehiculares durante 48 horas, en días laborables y una vez por año en un determinado punto de la vía en estudio. (Hernández, 2010).

2.5. Ajuste de Volúmenes de Tránsito

La mayoría de las vías, por lo general, no cuentan con toda la información acerca de volúmenes a través de periodos largos, como un año, por ejemplo. Debido a ello, se vuelven necesarias, las estaciones maestras de aforo permanente o periódico, gracias a ellas es posible determinar factores de expansión y ajuste, que pueden ser utilizados en

otros lugares que tengan comportamientos similares. En estos sitios los aforos se efectúan en periodos cortos.

Una de las características del tránsito, es la predictibilidad de variaciones cíclicas, por lo que mediante una clasificación adecuada de las vialidades y aforos, se puede establecer el patrón básico de variación de volumen de tránsito en cualquier tipo de calle o carretera. A más de esto, a pesar de que los valores de los volúmenes específicos para determinados periodos como minutos, horas o días, varían de un lugar a otro, su proporción en el tiempo en relación a los totales o promedios, en la mayoría de casos es constante o consistente. Por ello, las anteriores características son las que apoyan y justifican el uso de factores de expansión y ajuste en la estimación de volúmenes para otras vías y periodos de tiempo diferentes. (Cal et al., 1994).

2.5.1. Factores de Ajustes en Zonas Rurales

El procedimiento de ajuste mayormente utilizado, se basa en un aforo continuo de 24 horas de un día y mes determinados denominado tráfico o tránsito diario y convertirlo en tráfico o tránsito promedio diario TPD, que viene dado por la siguiente expresión:

$$TPD = TD_i(F_m)(F_d) \quad (5)$$

Donde:

TD_i = Tráfico diario

F_m = Factor de Ajuste Mensual

F_d = Factor de Ajuste Diario

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Metodología

Para la determinación de los factores de ajustes de volúmenes de tránsito de la vía Loja-Zamora, se emplea la metodología correspondiente a zonas rurales, para lo cual, las mediciones del flujo vehicular se efectúan con el Contador MetroCount 5600, el mismo se colocó en un tramo de la vía Loja-Zamora, en el kilómetro 5+300 (Figura 1), durante un periodo de registro de información, de tres meses consecutivos, las 24 horas del día para completar la información anual.

El Contador vehicular, funciona de forma automática, permitiendo establecer la composición vehicular e intensidades horarias para un periodo de medición



Figura 1: Vía en estudio (Loja-Zamora)

Fuente: Google Maps

3.2. Materiales y Equipos Utilizados

3.2.1. MetroCount 5600

En el aforo vehicular en la vía Loja-Zamora se empleó un contador neumático vehicular MetroCount 5600 el cual es un sistema combinado de software y hardware utilizado para la realización del monitoreo de tráfico vehicular (Figura 2).



Figura 2: Equipo MetroCount 5600

Fuente: Manual MetroCount 5600, 2002

Para la instalación del MetroCount 5600 se utilizan dos sensores de ejes (mangueras de tubo de goma), los cuales son colocados en la calzada de la vía y conectados al MC 5600. En el centro de estas mangueras se utiliza cintas asfálticas que proporcionen una fijación total en la calzada, para que de esta manera las mangueras no se desplacen causando errores en las mediciones. Posterior a esto, se procede a calibrar y a ajustar el equipo para iniciar el aforo vehicular. Las mangueras son instaladas en la calzada a 1 metro de distancia entre sí (Figura 3). Internamente el equipo mide el tiempo que toma cada vehículo en pasar del sensor A al sensor B, lo cual permite que el sistema calcule la velocidad del vehículo (Figura 4) con la formula física:

$$V = \frac{S}{\Delta t} \quad (6)$$

Velocidad (V) = Distancia (s) / Tiempo (Δt)

Donde:

S= Distancia entre las mangueras (1 metro)

Δt = diferencia de tiempo que toma el vehículo en pasar del sensor A al sensor B

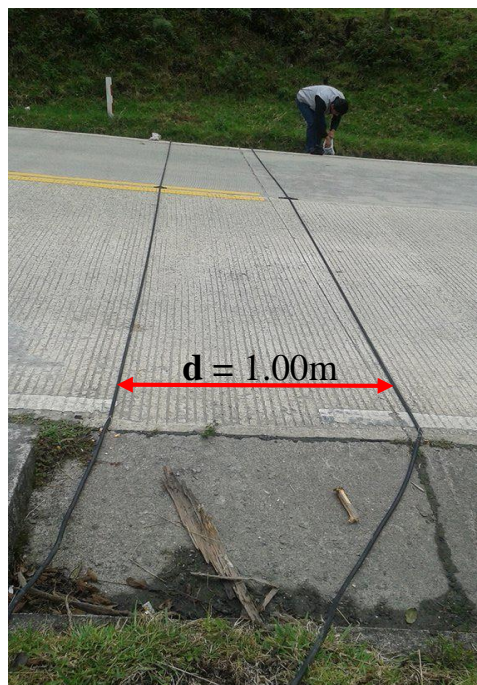


Figura 3: Distancia de las mangueras de tubo para la instalación de MetroCount 5600

Fuente: El Autor

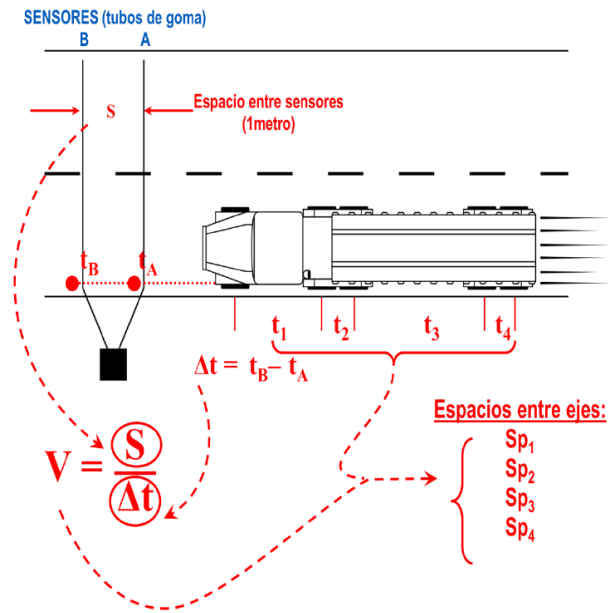














Figura 4: Determinación de la velocidad por el sistema MetroCount 5600
Fuente: Manual MetroCount 5600, 2002

Al pasar un vehículo, cada eje registra un impacto en cada una de las mangueras. El número de ejes y la distancia que hay entre ellos permiten definir el tipo de vehículo (Roadside Unit Operator Guide, 2002).

El MetroCount 5600 es colocado en un tramo de la vía, que para objeto del presente estudio se lo instalo en la vía Loja – Zamora, durante un intervalo de tiempo continuo de 3 meses aforando ininterrumpidamente las 24 horas (Cuenca, 2014), para completar la información anual.

La clasificación vehicular es establecida en función del esquema que ha sido establecido previamente a la calibración del equipo. Para efectos del presente estudio se emplea el esquema ARX el cual clasifica los vehículos en 12 categorías las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación vehicular ARX.

CONTEO DE TRÁFICO AUTOMÁTICO SISTEMA DE CLASIFICACIÓN								
Longitud	Ejes y Grupos		Tipo de Velocidad	ARX CLASIFICACIÓN				
Tipo	Ejes	Grupos	Descripción	Clases	Parámetros	Vehículo		
Corto hasta 5,5 m	VEHICULOS LIGEROS							
	2	1 - 2	Muy corto Bicicleta o Motocicleta	MC	1	$d(1) < 1,7$ y ejes = 2		
	2	1 - 2	CORTO. Salon, Hatchback, Estate, 4WD, Burgoneta, Bicicletas, Motocicletas, etc	SV	2	$d(1) > 1,7m$. $d(1) \leq 3,2m$ y ejes = 2		
Medio de 5,5m hasta 14,5m	3, 4 o 5	3	CORTO REMOLQUE. Remolque, caravana, barco, etc	SVT	3	grupos = 3, $d(1) > 2,1m$. $d(1) \leq 3,2m$. $d(2) \geq 2,1m$ y ejes = 3,4,5		
	VEHICULOS PESADOS							
	2	2	Dos ejes Camiones o Buses	TB2	4	$d(1) > 3,2m$ y ejes = 2		
	3	2	Tres ejes Camiones o Buses	TB3	5	ejes = 3 y grupos = 2		
	> 3	2	Cuatro ejes Camiones	T4	6	$d(1) = 3,2m$. ejes = 3 y grupos = 3		
Largo 11,5m hasta 19,0m	3	3	TRES EJES ARTICULADOS vehículo de tres ejes articulados o vehículo rígido y remolque	ART3	7	$d(1) > 3,2m$. ejes = 3 y grupos = 3		
	4	> 2	CUATRO EJES ARTICULADOS vehículo de cuatro ejes articulados o vehículo rígido y remolque	ART4	8	$d(2) < 2,1m$ o $d(1) < 2,1m$ o $d(1) > 3,2m$ ejes = 4 y grupos < 2		
	5	> 2	CINCO EJES ARTICULADOS vehículo de cinco ejes articulados o vehículo rígido y remolque	ART5	9	$d(2) < 2,1m$ o $d(1) < 2,1m$ o $d(1) > 3,2m$ ejes = 5 y grupos > 2		
	>= 6	> 2	SEIS EJES ARTICULADOS vehículo de seis o mas ejes articulados o vehículo rígido y remolque	ART6	10	ejes = 6 y grupos > 2 o ejes > 6 y grupos = 3		
Combinación de medio y largo sobre 17,5m	> 6	4	B DOBLE Doble o camión pesado y remolque	B	BD	11	grupos = 4 y ejes > 6	
	> 6	>= 5	TREN DE CARRETERA DE DOBLE o TRIPLE Doble tren de carretera o camión pesado y remolque	DRT	12	grupos = 5 o 6 y ejes > 6		
CLASES SIN GRUPOS								
			Vehículos sin clasificación		13			
			Eventos de ejes sin clasificación					

Grupo:	Grupo de ejes, ejes adyacentes donde están a menos de 2,1m de separación
Grupos:	Grupo de ejes (distancia entre ejes máxima de 10,0m)
Ejes:	Número de ejes (distancia entre ejes máxima de 10,0m)
d(1):	Distancia entre el primer y segundo eje
d(z):	Distancia entre el segundo y tercer eje

Fuente: Guía MetroCount 5600

CAPITULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultado del Aforo

Luego de realizar el aforo vehicular durante un periodo de 3 meses correspondientes a Octubre, Noviembre y Diciembre, se procede a tabular estos datos. Los meses restantes del año en estudio, fueron obtenidos de investigaciones previas sobre esta misma vía, para determinar así, los tráficos mensuales (TM), el tráfico promedio diario mensual (TPDM), la relación TPDM/TPDA y finalmente el factor mensual para cada uno de los meses del año en estudio.

4.2. Determinación de Factores de Ajuste

En la Tabla 2 se muestran las cuatro columnas correspondientes al proceso de cálculo para el Factor Mensual. De igual manera en la Figura 5 se presenta la variación temporal del TPDM para el periodo analizado.

Para iniciar a calcular cada una de las columnas de la Tabla 2 es necesario determinar el tráfico promedio diario anual, para ello se lo realiza con la siguiente fórmula:

$$TPDA = \frac{TA}{365} = \frac{\sum TM_i}{365} = \frac{TM1 + TM2 + \dots + TM12}{365} \quad (2)$$

Donde:

TM_i = es el tráfico mensual

$$TPDA = \frac{416058}{365}$$

$$TPDA = 1140 \text{ vehículos mixtos/día}$$

La **columna 1** corresponde a las tabulaciones realizadas para cada mes del año 2015. Para cada mes el equipo MetroCount 5600 genera una base de datos donde muestra los volúmenes de tráfico detallados por semanas. Cada día de la semana contiene los volúmenes de tráfico en intervalos de una hora, el equipo realiza mediciones desde 00:00 horas hasta 24:00 horas.

La **columna 2** contiene el cálculo del tráfico promedio diario mensual (TPDM), el cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$TPDM = \frac{TM}{d} \quad (3)$$

En donde:

TM= tráfico mensual

d = número de días del mes

El volumen de tránsito promedio diario mensual para el mes de enero es:

$$TPDM(\text{enero}) = \frac{52308}{31}$$

$$TPDM(\text{enero}) = 1687 \text{ vehiculos/dia}$$

La **columna 3** corresponde a la relación TPDM/TPDA, en esta relación el TPDM es expresado porcentualmente con respecto al TPDA. Para el mes de enero se tiene:

$$\frac{TPDM}{TPDA}(\text{enero}) = \frac{1687}{1140}$$

$$\frac{TPDM}{TPDA}(\text{enero}) = 1.48$$

La **columna 4** finalmente corresponde al factor de ajuste mensual (F_m) el cual establece la variación mensual del volumen de tránsito durante todo el año y se obtiene con la siguiente expresión:

$$F_m = \frac{TPDA}{TPDM}$$

Se tiene que para el mes de enero, el factor de ajuste mensual F_m es:

$$F_m(\text{enero}) = \frac{1140}{1687}$$

$$F_m(\text{enero}) = 0.68$$

Tabla 2: Calculo del Tráfico promedio diario mensual TPDM y factor mensual.

	[1]	[2]	[3]	[4]
MESEDEL AÑO	TM m (VEHICULOS/MES)	TPDM m (VEHICULOS/MES)	TPDM/TPDA	FACTOR MENSAL (FM)
Enero	52308	1687	1,48	0,68
Febrero	30049	1073	0,94	1,06
Marzo	29295	945	0,83	1,21
Abril	11580	386	0,34	2,95
Mayo	17264	557	0,49	2,05
Junio	21509	717	0,63	1,59
Julio	28146	908	0,80	1,26
Agosto	35768	1154	1,01	0,99
Septiembre	42968	1432	1,26	0,80
Octubre	50035	1614	1,42	0,71
Noviembre	49027	1634	1,43	0,70
Diciembre	48109	1552	1,36	0,73
TOTAL	416058	13659	-	-

Fuente: El Autor

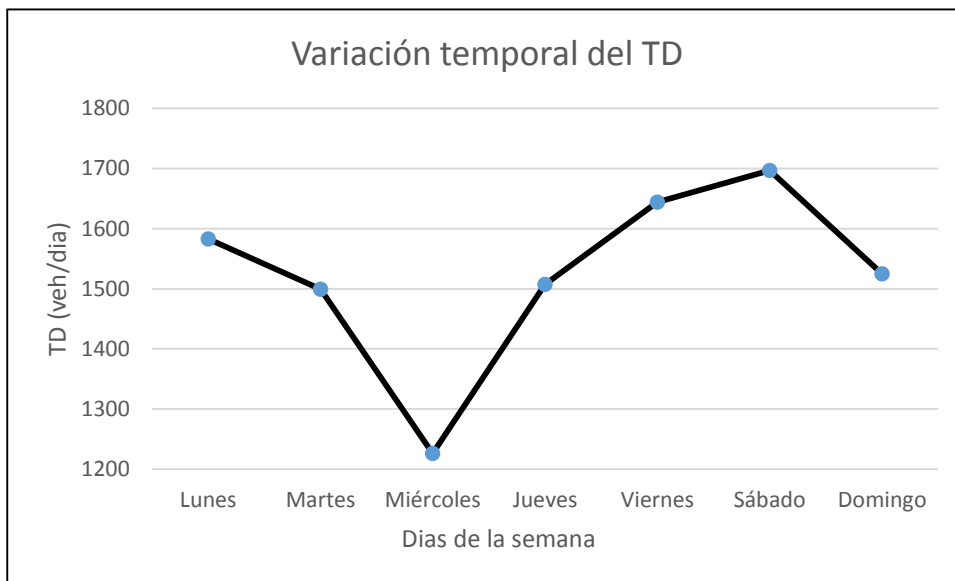


Figura 5: Variación temporal del TPDM

Fuente: El Autor

En la Tabla 3 se muestran 3 columnas correspondientes a los volúmenes totales diarios para la semana del lunes 02 de Febrero al domingo 08 de Febrero de 2015, la relación TD/TPDS y además se muestra el cálculo del factor de ajuste diario (F_d) el cual toma en consideración la variación diaria del volumen de tránsito en la semana anteriormente seleccionada

Así mismo en la Figura 6 se muestra la variación temporal del TD para la semana en analizada.

Para empezar con la descripción de las columnas de la Tabla 3 es necesario calcular el tráfico promedio diario semanal (TPDS), la cual se la obtiene con la siguiente expresión:

$$\mathbf{TPDS} = \frac{\mathbf{TS}}{7} \quad (4)$$

$$\mathbf{TPDS} = \frac{\mathbf{TS}}{7} = \frac{\Sigma\mathbf{TD}}{7} = \frac{\mathbf{TD1} + \mathbf{TD2} + \dots + \mathbf{TD7}}{7}$$

$$\mathbf{TPDS} = \frac{10681}{7}$$

$$\mathbf{TPDS} = 1526 \text{ Vehículos mixtos/día}$$

La **columna 1** corresponde al tráfico diario (TD) el cual es obtenido de las mediciones realizadas por el equipo MetroCount 5600 en la vía de estudio para la semana seleccionada.

La **columna 2** muestra la relación entre el tráfico diario y el tráfico promedio diario semanal (TD/TPDS). Para el día lunes se tiene:

$$\frac{TD}{TPDS}(\text{lunes}) = \frac{1583}{1526}$$

$$\frac{TD}{TPDS}(\text{lunes}) = 1.04$$

Finalmente la **columna 3** muestra el cálculo del factor de ajuste diario (F_d) el cual corresponde a la siguiente fórmula

$$\mathbf{F_d} = \frac{\mathbf{TPDS}}{\mathbf{TD}}$$

El factor de ajuste diario (F_d) para el día lunes es:

$$\mathbf{F_d} = \frac{1526}{1583}$$

$$\mathbf{F_d} = 0.96$$

Tabla 3: Calculo del Tráfico promedio diario semanal TPDS y factor diario.

	[1]	[2]	[3]
DIA DE LA SEMANA	TD (veh/día)	TD/TPDS	FACTOR DIARIO
Lunes	1583	1,04	0,96
Martes	1499	0,98	1,02
Miércoles	1226	0,80	1,24
Jueves	1507	0,99	1,01
Viernes	1644	1,08	0,93
Sábado	1697	1,11	0,90
Domingo	1525	1,00	1,00
TOTAL	10681		-

Fuente: El autor

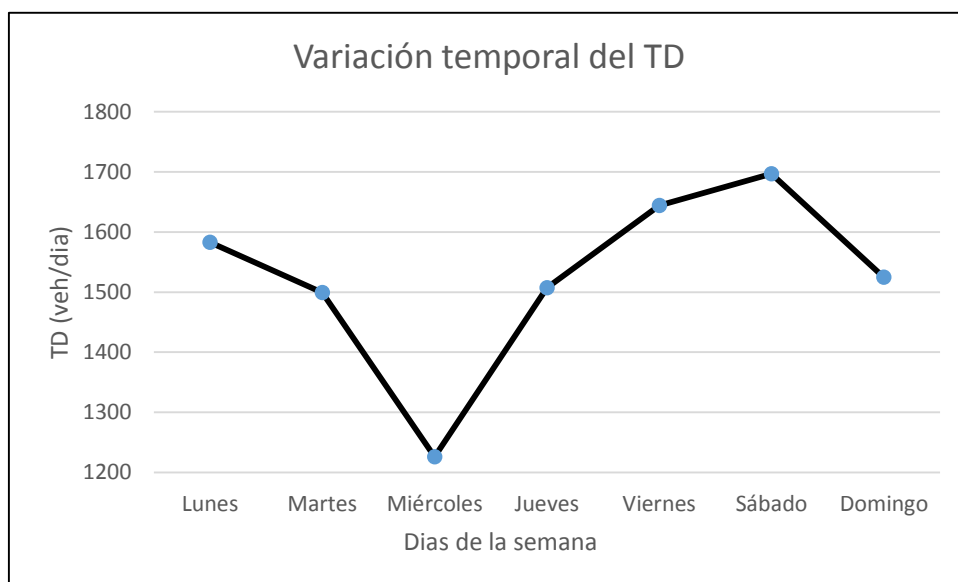


Figura 6: Variación temporal del TD

Fuente: El Autor

Para validar los resultados de la determinación de los factores de ajuste tanto mensuales como diarios, se realiza la selección del volumen de un día (TD) de una vía con similares características a la que es objeto de análisis en el presente estudio, por lo tanto, se ha seleccionado el día Miércoles 25 de Febrero de 2015 de la vía Loja-Vilcabamba.

En la Tabla 4 se muestran los volúmenes de tráfico en intervalos de 1 hora, cuya sumatoria corresponde al tráfico diario (TD), con este valor ya determinado y con los factores de ajuste anteriormente calculados, se procede a utilizar la siguiente expresión para determinar el tráfico promedio diario del día seleccionado en la vía Loja-Vilcabamba:

$$TPD = TDi(F_m)(F_d) \quad (5)$$

En donde:

TD = tráfico diario del Miércoles 25 de Febrero de 2015 Tabla 4.

F_m = factor mensual (Febrero) Tabla 2.

F_d = factor diario (Miércoles) Tabla 3.

$$TPD \text{ (vilcabamba)} = 2475 * 1.06 * 1.24$$

$$TPD \text{ (vilcabamba)} = 3253 \text{ veh\u00edculos mixtos / d\u00eda}$$

Se extrajo informaci\u00f3n de otros estudios en la v\u00eda Loja-Vilcabamba referentes al tr\u00e1fico promedio diario TPD, cuyo valor real es de 2671 veh\u00edculos/d\u00eda (Ver anexo 1). La diferencia entre el valor real del TPD antes mencionado y la aproximaci\u00f3n determinada en el presente estudio es de 582 veh\u00edculos/d\u00eda, por lo que se puede concluir que es aplicable la estimaci\u00f3n del TPD por medio de factores de ajuste de vol\u00fmenes cuando la v\u00eda de estudio tiene un comportamiento similar a la v\u00eda que genera los factores de ajuste para vol\u00fmenes.

Finalmente en la Figura 7 se muestra la variaci\u00f3n temporal para la determinaci\u00f3n del TD del d\u00eda 25 de febrero de 2015.

Tabla 4: Tráfico diario TD

HORA	mié 25-feb
0000-0100	31
0100-0200	10
0200-0300	16
0300-0400	16
0400-0500	31
0500-0600	50
0600-0700	133
0700-0800	159
0800-0900	158
0900-1000	169
1000-1100	147
1100-1200	133
1200-1300	134
1300-1400	129
1400-1500	146
1500-1600	152
1600-1700	157
1700-1800	190
1800-1900	145
1900-2000	138
2000-2100	99
2100-2200	61
2200-2300	45
2300-2400	26
TOTAL	2475

Fuente: El Autor

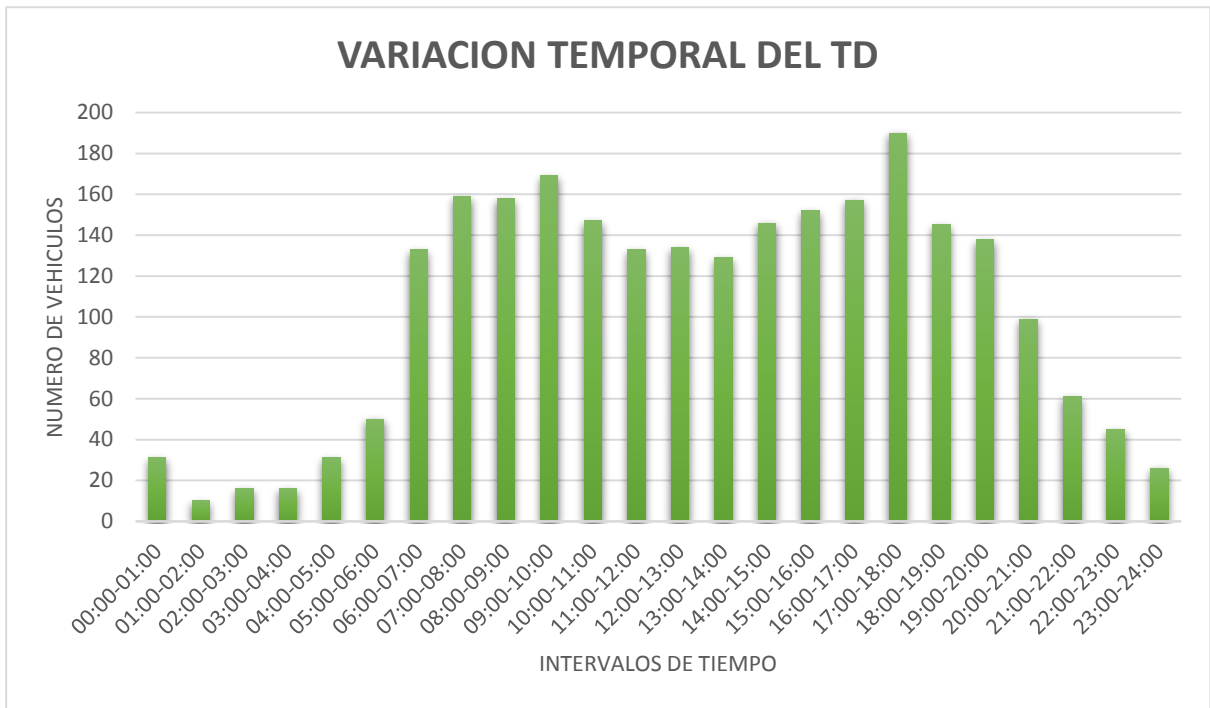


Figura 7: Variación temporal del TD para el día 25 de febrero de 2015
Fuente: El Autor

CONCLUSIONES

- ✓ La determinación de factores de ajuste de volúmenes es parte fundamental para propósitos de análisis operacional de un proyecto de vía con similares características a la de objeto de estudio
- ✓ Existe una relación inversamente proporcional entre el tráfico mensual (TM) y factor mensual (F_m) es decir; a mayor tráfico mensual de la Vía Loja-Zamora menor será el valor del factor mensual y viceversa.
- ✓ El mes con mayor tráfico mensual (TM) y por consiguiente menor valor de su factor mensual (F_m) es Enero, alcanzando así un tráfico mensual (TM) de 52308 vehículos/día y un factor mensual F_m de 0.68
- ✓ El mes con menor tráfico mensual (TM) y por consiguiente mayor valor de su factor mensual es Abril, alcanzando así un tráfico mensual (TM) de 11580 vehículos/día y un factor mensual F_m de 2.95
- ✓ Existe una relación inversamente proporcional entre el tráfico diario (TD) y el factor diario (F_d), es decir; cuando mayor es el valor del tráfico diario (TD) menor es el valor del factor diario (F_d) y viceversa.
- ✓ El día con mayor tráfico diario y con menor valor en su factor diario es el Sábado 28 de Febrero, teniendo valores de tráfico diario (TD) de 1697 vehículos/día y un factor diario (F_d) de 0.90
- ✓ El día con menor tráfico diario y con mayor valor en su factor diario es el Miércoles 25 de Febrero, teniendo valores de tráfico diario (TD) de 1226 vehículos/día y un factor diario (F_d) de 1.24
- ✓ La diferencia entre el TPD real aforado en otros estudios y el TPD determinado en el presente estudio es relativamente baja, por lo que se concluye que es aplicable la determinación del tráfico promedio diario (TPD) mediante factores de ajuste tanto mensuales como diarios en vías de comportamientos similares.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Al momento de instalar el equipo en la calzada, se recomienda ajustar las mangueras lo más tensas posibles de ambos extremos de la vía. ésta condición de las mangueras ayudará a que las mediciones se realicen correctamente ya que dificultara a los vehículos que puedan desplazarlas.
- ✓ Para ajustar las mangueras en la parte central de la vía, se recomienda hacerlo con cintas asfálticas, se debe limpiar y humedecer previamente la zona donde se vaya a colocar las cintas, esto con el fin de que haya más y mejor adherencia con la superficie.
- ✓ Debido a que el equipo se encuentra colocado en la vía totalmente expuesto y pese a la seguridad que le da el empaque metálico donde se lo aloja, es recomendable que se hagan visitas periódicas para constatar su seguridad. Para el presente estudio se lo realizo con visitas constantes de 4 veces por semana.
- ✓ Se recomienda verificar las baterías del equipo antes de instalarlo, lo que nos dará la seguridad de que se podrá realizar las mediciones durante el periodo de tiempo seleccionado.
- ✓ Es recomendable descargar los datos del equipo cada mes, esto con la finalidad de que la memoria no se sature y poder de esta manera, evitar cualquier error en la medición.

BIBLIOGRAFIA

- I. Vargas, W., Rincón, M., González, C. (2012). Ingeniería de Tránsito Conceptos básicos. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- II. Cal, R., Reyes, M., y Cárdenas, J. (1994). Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. Ciudad de México, México: Alfaomega.
- III. Alonzo, L., Rodríguez, G. (2005). Carreteras. Mérida, México: Ediciones de la Universidad Autónoma de México.
- IV. Hernández, A. (2010). Diseño geométrico de la carretera para libramiento del municipio de Palencia, Departamento de Guatemala (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- V. METROCOUNT 5600 series. (January 2002) *Roadside Unit Operator Guide*.
- VI. METROCOUNT ARX, (October 2007), *MTE User Manual – Classification Schemes*.
- VII. Cuenca, P. (2014). Análisis de la Capacidad y Nivel de Servicio aplicando metodología de HCM en la vía Loja-Zamora (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

ANEXOS
ANEXO 1
Aforos Semanales de Vehículos

VehSem-228

Sitio: VIA LOJA VILCABAMBA.0.0N
MCSetup factory

Descripción: setup

Hora del Filtro: 16:43 lunes, 23 de febrero de 2015 => 7:43 lunes, 23 de marzo de 2015

Esquema: Clasificación Vehicular (ARX)
Cls(2 3 4 5 6 7 8 9 10) Sentido(NESO) Vel.(10,100) Intervalo

Filtro: Vehicular(>5)

HORA	lun 23-feb	mar 24-feb	mié 25-feb	jue 26-feb	vie 27-feb	sáb 28-feb	dom 01-mar
0000-0100	23	16	31	20	20	29	46
0100-0200	14	4	10	14	17	17	38
0200-0300	13	4	16	12	10	20	32
0300-0400	20	12	16	21	22	31	38
0400-0500	23	21	31	31	18	26	33
0500-0600	45	52	50	55	55	62	44
0600-0700	100	117	133	135	125	110	77
0700-0800	127	156	159	156	166	143	108
0800-0900	139	172	158	163	154	187	137
0900-1000	142	146	169	163	161	169	187
1000-1100	131	126	147	134	145	180	187
1100-1200	131	144	133	143	139	157	201
1200-1300	132	146	134	128	147	160	211
1300-1400	141	138	129	146	158	179	238
1400-1500	152	150	146	158	167	213	229
1500-1600	158	172	152	160	185	213	225
1600-1700	42	159	157	158	175	188	177
1700-1800	153	154	190	176	181	219	167
1800-1900	161	150	145	169	179	211	193
1900-2000	137	141	138	150	133	188	169
2000-2100	111	114	99	92	150	171	182
2100-2200	62	72	61	65	97	126	139
2200-2300	39	35	45	48	67	97	79
2300-2400	23	21	26	27	46	70	34
TOTAL	2220	2422	2475	2524	2717	3166	3171
TPD	2671						

Aforos Semanales de Vehículos

VehSem-213

Sitio: Loja-Zamora.0.0N

Descripción: MCSetup factory setup

Hora del Filtro: 9:42 miércoles, 07 de octubre de 2015 => 8:48 miércoles, 04 de noviembre de 2015

Filtro: 2015

Esquema: Clasificación Vehicular (ARX)

Cls(1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo

Filtro: Vehicular(>0)

	lun	mar	mie	jue	vie	sab	dom
	05-oct	06-oct	07-oct	08-oct	09-oct	10-oct	11-oct
Hora							
0000-0100	25	24	22	23	20	28	33
0100-0200	20	12	16	28	22	14	17
0200-0300	14	12	14	13	18	15	20
0300-0400	15	13	15	20	18	23	27
0400-0500	37	26	36	35	31	40	29
0500-0600	90	69	79	61	71	58	46
0600-0700	142	108	116	99	96	101	71
0700-0800	139	115	126	118	100	124	68
0800-0900	116	115	107	125	135	126	86
0900-1000	120	121	38	139	158	150	109
1000-1100	141	111	119	144	169	156	108
1100-1200	129	108	101	150	166	183	100
1200-1300	113	113	129	125	127	141	132
1300-1400	119	115	99	129	127	130	130
1400-1500	132	122	134	151	133	148	108
1500-1600	129	134	119	185	155	148	155
1600-1700	133	131	129	166	172	152	165
1700-1800	144	152	156	198	152	153	174
1800-1900	157	171	186	182	189	151	200
1900-2000	131	135	134	163	163	131	160
2000-2100	94	109	91	119	139	120	152
2100-2200	74	76	62	71	95	81	107
2200-2300	49	57	41	81	75	42	90
2300-2400	37	36	36	35	38	41	42

Aforos Semanales de Vehículos

VehSem-212

Sitio: VIA LOJA ZAMORA.0.0N
Descripción: MCSetup factory setup
Hora del Filtro: 17:06 lunes, 15 de diciembre de 2014 => 16:02 jueves, 15 de enero de 2015
Esquema: Clasificación Vehicular (ARX)
 Cls(1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12) Sentido(NESO) Vel.(10,160) Intervalo Vehicular(>0)

	lun	mar	mier	jue	vie	sab	dom
	12-ene	13-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene
Hora							
0000-0100	18	26	14	14	25	28	23
0100-0200	11	16	15	16	19	27	22
0200-0300	6	11	7	19	14	19	23
0300-0400	24	13	12	19	17	20	20
0400-0500	39	25	28	31	35	34	32
0500-0600	92	67	55	74	64	72	50
0600-0700	160	129	108	125	96	113	72
0700-0800	133	120	127	115	110	108	73
0800-0900	107	121	119	120	103	107	80
0900-1000	107	100	115	109	120	141	100
1000-1100	112	98	98	109	149	142	117
1100-1200	106	122	124	120	163	168	104
1200-1300	95	96	98	120	148	132	133
1300-1400	100	83	105	104	131	142	119
1400-1500	123	129	113	137	139	144	125
1500-1600	122	118	142	135	145	164	140
1600-1700	121	131	110	3	152	151	157
1700-1800	144	143	150	143	187	157	154
1800-1900	175	152	208	163	208	206	157
1900-2000	105	103	133	130	164	143	136
2000-2100	74	86	102	100	122	114	117
2100-2200	52	61	72	72	96	76	86
2200-2300	59	44	43	50	59	53	55
2300-2400	24	26	38	33	38	39	38

Aforos Semanales de Vehículos

VehSem-230

Sitio: Loja-Zamora2.0.0N

Descripción: MCSetup factory setup

Hora del Filtro: 8:58 lunes, 21 de diciembre de 2015 => 9:13 martes, 12 de febrero de 2015

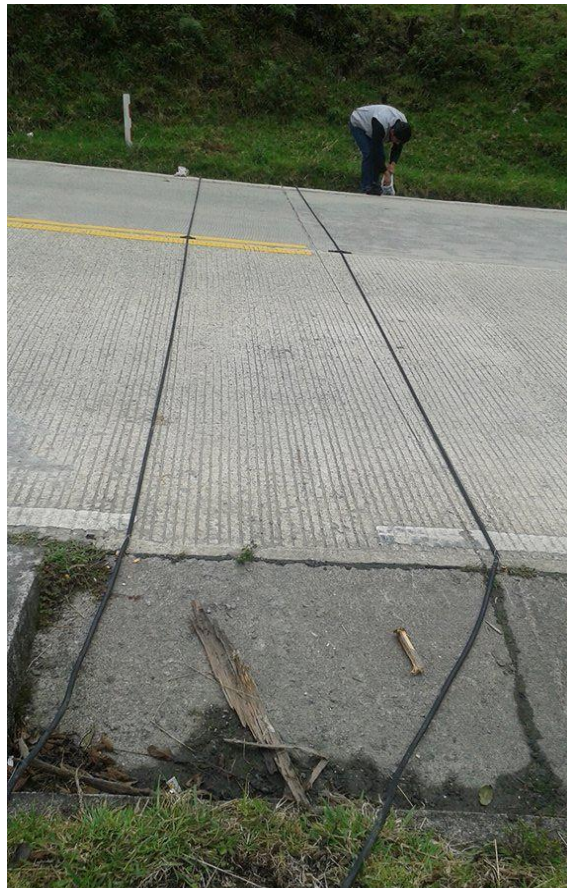
Esquema: Clasificación Vehicular (ARX)

Filtro: Cls(2 3 4 5 6 7 8 9 10) Sentido(NESO) Vel.(10,100) Intervalo Vehicular(>5)

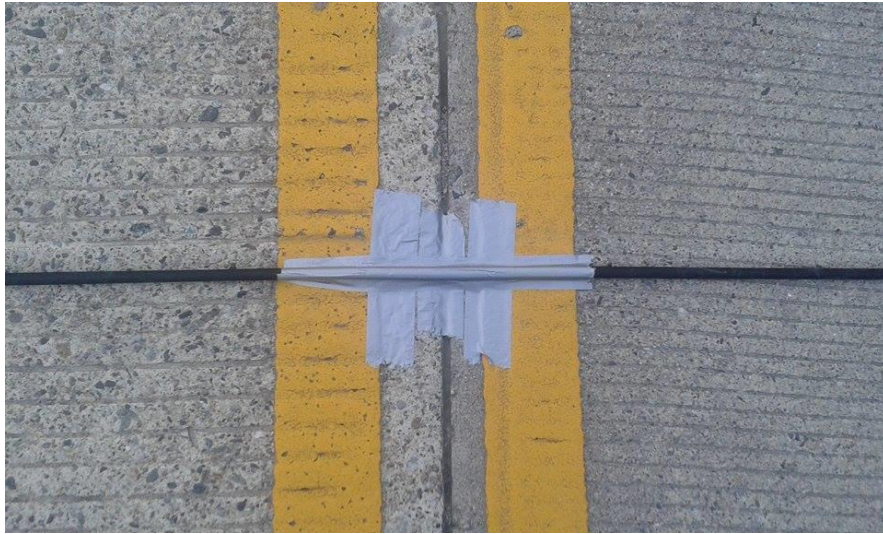
	lun 02-feb	mar 03-feb	mié 04-feb	jue 05-feb	vie 06-feb	sáb 07-feb	dom 08- feb
0000-0100	8	2	4	2	11	20	26
0100-0200	7	0	1	0	13	16	20
0200-0300	0	0	0	1	8	18	10
0300-0400	1	0	7	0	15	16	19
0400-0500	1	2	3	0	29	23	25
0500-0600	74	13	5	62	58	63	38
0600-0700	122	114	67	109	102	85	58
0700-0800	155	120	103	107	102	103	49
0800-0900	86	127	110	102	64	98	58
0900-1000	113	95	105	91	80	77	70
1000-1100	98	119	55	90	84	108	70
1100-1200	73	106	77	65	94	103	77
1200-1300	92	83	70	94	67	98	82
1300-1400	57	95	62	69	81	88	78
1400-1500	112	98	73	101	73	87	94
1500-1600	103	99	74	70	114	112	95
1600-1700	88	90	94	98	97	106	84
1700-1800	130	91	101	103	115	107	107
1800-1900	118	95	52	130	67	104	108
1900-2000	75	84	109	71	134	76	113
2000-2100	48	32	31	63	89	66	85
2100-2200	10	18	10	33	54	54	71
2200-2300	8	9	10	28	58	36	48
2300-2400	4	7	3	18	35	33	40
TOTAL	1583	1499	1226	1507	1644	1697	1525



Fotografía 1. Instalación del equipo MetroCount 5600 en la vía Loja-Zamora



Fotografía 2. Instalación de las mangueras en los extremos de la vía



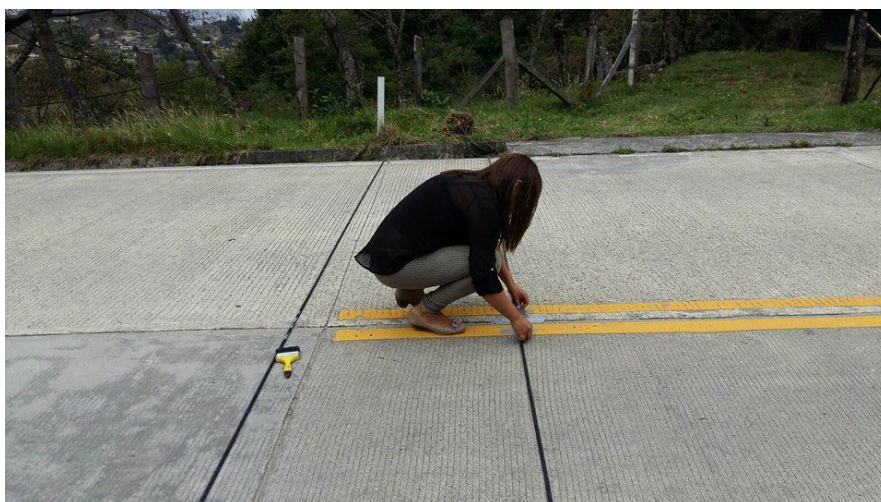
Fotografía 3. Colocación de cintas asfálticas para ajuste de mangueras a la calzada



Fotografía 4. Estructura de acero para protección del Equipo MetroCount 5600



Fotografía 5. Limpieza de la zona de la calzada donde se colocaron las cintas asfálticas



Fotografía 6. Colocación de las cintas asfálticas sobre la vía Loja-Zamora