

- TRANSITO -

1. INTRODUCCION

El elemento básico que permite evaluar el movimiento del tránsito, como así también una de las características de este movimiento o corriente de tránsito, lo constituye el número de vehículos que pasan por un punto o una sección de un camino.

Ese elemento básico, es el comúnmente denominado Volumen o Flujo de Tránsito y su medición directa, mediante el conteo de los vehículos que pasan por una sección de un camino, durante un determinado período de tiempo, resulta ser de fundamental importancia para realizar todo tipo de análisis sistemático de los problemas que se presentan en todo camino, sea éste rural o urbano.

La determinación del volumen de tránsito que circula por una red de caminos, es como se dijo de fundamental importancia, pues el mismo permitirá medir o demostrar la importancia relativa de un camino o ruta sobre otro.

Los datos acerca de los volúmenes de tránsito, son utilizados en distintas áreas de la actividad vial ya sea para la planificación, el diseño, tanto geométrico como estructural, de los caminos, para el dictado de las normas de circulación, etc.

Tanto el ingeniero de tránsito como el ingeniero vial, para desarrollar sus actividades, deben tener un conocimiento profundo acerca de las características del tránsito, como así también de los valores de los flujos o volúmenes de tránsito, pues ello les va a permitir conocer y medir la magnitud de los problemas que deben resolver.

Junto con los valores de los volúmenes de tránsito, se deben manejar también los datos relativos a la composición y la distribución de éste en las rutas y calles que se estén analizando y proyectando, a fin de poder adoptar todas las medidas tendientes a mejorar la circulación de los vehículos por las mismas.

En general cuando se trabaja con cifras relativas a los volúmenes de tránsito se lo hace con valores horarios del mismo o con el promedio diario anual del tránsito de un camino.

Estos valores, tránsito medio diario anual y volumen horario, son utilizados rutinariamente en el diseño de caminos, en la planificación vial y en todas aquellas tareas vinculadas con la operación del tránsito.

En lo referente al diseño geométrico de un camino, es necesario dejar perfectamente claro, que así como, el criterio de la Velocidad Directriz o Velocidad de Diseño es el factor que permite al proyectista determinar elementos claves para un adecuado diseño geométrico, (como lo son los radios de las curvas planimétricas, los peraltes de las mismas, las distancias de visibilidad, tanto de frenado como de sobrepaso,) el conocimiento del volumen horario de diseño es el factor que permite determinar, el ancho de los carriles y el número de éstos, como así también las características de otros componentes de un camino, como lo son las ramas de ingreso y egreso de una autopista, que forman parte de un intercambiador de tránsito, o bien las dimensiones de una rotonda.

En las zonas urbanas, el volumen horario de tránsito o las fracciones más pequeñas, como ser los volúmenes que corresponden a los 5 o 15 minutos más cargados de una hora pico, permitirán determinar los ciclos de los semáforos en las intersecciones señalizadas o en una arteria con semáforos coordinados.

En cuanto al diseño estructural de los pavimentos, el tránsito medio diario anual (T.M.D.A.) y la composición del tránsito, es decir los distintos tipos

de vehículos que circulan por el camino y en especial el número de camiones dentro de ese T.M.D.A., son los elementos fundamentales en la determinación del espesor de los pavimentos, sean éstos asfálticos o de hormigón.

Con referencia a la planificación vial, cabe mencionar que el valor del T.M.D.A., constituye el elemento básico de todo cálculo o análisis económico de los distintos proyectos que se analizan, ya que es el factor que permitirá determinar la prioridad de ejecución de una obra sobre otras, facilitando de esa manera la elaboración de adecuados planes de obras.

También en las tareas de conservación de caminos, el conocimiento del flujo de tránsito resulta importante, pues permitirá predecir en que momento será necesario efectuar tareas de mantenimiento, debidas a la degradación que el tránsito produce en el pavimento.

Cuando se habla de seguridad vial, junto con el número de accidentes que se producen en una ruta o calle, debe mencionarse el volumen de tránsito que circula por la misma. En estos casos ya no se habla tanto del T.M.D.A. sino más bien se hace una relación entre el número de accidentes y el número de vehículos que circulan por esa ruta o calle. La relación más usada es el número de accidentes por cada millón de vehículos-km.

En forma muy rápida se han visto algunas de las aplicaciones que se dan a los distintos valores sobre el flujo de tránsito, en las variadas facetas en las cuales debe desempeñarse un ingeniero vial o de tránsito.

Ahora bien, cuando se habla de flujo de tránsito, se está mencionando implícitamente el movimiento de automóviles, camiones, ómnibus, motocicletas, bicicletas, carros y también de peatones, con sus diferentes características de circulación.

El caso de los peatones, cobra fundamental importancia cuando se está estudiando una red urbana y prácticamente carece de ella cuando lo que se está analizando es un camino rural.

2. VARIACIONES DEL FLUJO DE TRANSITO

Es importante destacar que el movimiento vehicular no es constante sino por el contrario el mismo sufre una serie de variaciones que dependen fundamentalmente del camino y su localización. Los caminos rurales presentan variaciones del tránsito que son distintas a aquellas que experimentan las arterias y calles de una ciudad.

Más aún en las zonas rurales se presentan variaciones más o menos similares aunque las mismas difieren de acuerdo al tipo de camino que se analice. Así por ejemplo las autopistas, los caminos primarios, los secundarios y aún aquellos en que se paga un peaje para circular, presentan distintas variaciones en los volúmenes de tránsito, tanto como lo experimentan aquellas rutas eminentemente recreacionales.

Dentro de un área urbana podemos hallar claras diferencias en las variaciones mencionadas, según sea la zona que se analice. Resulta fácil comprender dentro de un área urbana, que las variaciones que experimentan los volúmenes de tránsito en las calles, arterias y autopistas de la misma, son distintas según se analice una zona residencial, una comercial o una industrial, de la ciudad.

Sin embargo, estas variaciones en el flujo de tránsito, presentan, para cada tipo de camino, una gran uniformidad o semejanza en las formas en que las mismas se presentan a lo largo del tiempo.

Estas variaciones volumétricas se producen dentro de cada hora, entre las distintas horas del día, durante los diferentes días de la semana como así también a lo largo de los meses del año, recibiendo las tres últimas el nombre de variaciones horarias, diarias y mensuales, respectivamente.

Deben tenerse en cuenta también, fundamentalmente cuando se está proyectando un camino nuevo o la remodelación de uno existente, las variaciones direccionales del flujo que se presentan a lo largo del día.

A continuación se expondrán algunos aspectos sobresalientes de esas variaciones:

a) VARIACIONES MENSUALES O ESTACIONALES

Si se grafican los volúmenes de tránsito mensuales de cualquier ruta o calle en particular, podrá apreciarse que existe una variación en los valores absolutos de los volúmenes correspondientes a cada mes, observándose una marcada tendencia estacional.

En líneas generales puede verse que el volumen de tránsito se incrementa durante los meses de verano, para hacerse mínimo durante el invierno y manteniéndose dentro del promedio en algunos meses del otoño y primavera.

Por supuesto esta variación dependerá del tipo de tránsito que lleva el camino y de la zona en la que esté ubicado. A los efectos de ilustrar este tipo de variación mensual o estacional, en la figura 1 se han reproducido las variaciones mensuales correspondientes a tres caminos diferentes del estado de Connecticut, los que presentan características funcionales bien diferenciadas.

Las mayores variaciones estacionales se producen evidentemente en aquel camino que sirve a los viajes recreacionales, en las áreas rurales, mientras que una forma menos pronunciada de dicha variación, se presenta en una ruta suburbana. Las rutas rurales interestatales, equivalentes a nuestros caminos nacionales, presentan variaciones mensuales que resultan ser intermedias con respecto a las otras dos.

En líneas generales puede decirse que las variaciones anuales en un área urbana, son menores que las que se producen en los caminos rurales, mientras que, para las áreas recreacionales, o mejor dicho para los caminos que conducen a ellas, las variaciones estacionales son bastantes significativas.

Al querer interpretar el gráfico de la figura 1 deben tenerse en cuenta dos aspectos importantes. El primero de ellos es que los valores dados en ordenadas, no representan el volumen mensual absoluto, sino que el mismo está dado como el porcentaje del tránsito medio diario mensual (T.M.D.M.) con respecto al tránsito medio diario anual (T.M.D.A.).

El segundo de los aspectos a considerar es que esos valores corresponden a los de un estado de los EE.UU. y por lo tanto debe tenerse en cuenta que en ese país, el verano ocurre desde el 21 de junio hasta el 21 de septiembre, es decir durante los mismos meses en que para la Argentina transcurre el invierno.

En este país, si tomamos como ejemplo los volúmenes de tránsito para la ciudad de Buenos Aires, puede apreciarse que desde el mes de marzo o abril circula un volumen de tránsito más o menos uniforme hasta los meses de septiembre u octubre, observándose luego un incremento en noviembre, el cual se acentúa en diciembre para disminuir drásticamente en enero y febrero, tendiendo a incrementarse en el mes de marzo.

En un estudio realizado en la Facultad de Ingeniería, para la zona del Gran Buenos Aires, basándose en las curvas de consumo de combustible, se comprobó que el mes de junio tenía un volumen de tránsito igual al promedio anual.

En cambio si se analiza el tránsito de la Ruta Nacional N° 2, que es un camino recreacional, se podrá comprobar que la misma presenta una variación mensual acrecentada en los meses de enero y febrero, teniendo además pequeños incrementos en aquellos meses en los cuales se celebra la Semana Santa y en las vacaciones de invierno.

VARIACIONES DIARIAS

Otra de las variaciones que experimenta el tránsito se pone de manifiesto a través de los días de la semana y en estos casos también se hace necesario distinguir el tipo de ruta, si es rural o urbana y a los fines que la misma sirve.

En general los más altos volúmenes en los principales caminos rurales - ocurre en los días de fin de semana, fundamentalmente en las proximidades de las áreas urbanas, ya que esas rutas por lo general conducen a lugares de esparcimiento.

Para el resto de los días de la semana, la variación volumétrica es relativamente pequeña.

Caso típico de lo que acaba de afirmarse, ocurre en Buenos Aires con el Acceso Norte, la Ruta 7 a Luján, la autopista a Ezeiza, ya que ellos son caminos que conducen a lugares de recreación, a los cuales concurren muchos habitantes de la ciudad.

En cambio dentro de la ciudad, durante los fines de semana y en especial en la zona céntrica y barrios industriales, el volumen de tránsito disminuye sustancialmente.

Una distribución típica para los EE.UU. ha sido representada en la figura 2, para una ruta o arteria urbana y para un camino de tipo recreacional en zona rural.

En esa figura puede verse que, no obstante que los valores de los volúmenes de tránsito son razonablemente consistentes para ambos tipos de caminos durante los días comunes de semana, los viajes en la ruta recreacional se tornan considerablemente mayores en los días sábados y domingos.

Esta tendencia se invierte en aquellos caminos urbanos, especialmente en las zonas industriales y comerciales, en las cuales el tránsito de sábados y domingos se tornan menores que durante los días laborables de la semana.

Es necesario efectuar una aclaración para comprender el pico de tránsito que se observa durante los días viernes, en la ruta urbana, pues ello es un reflejo de los hábitos de los ciudadanos norteamericanos.

En efecto, para ellos el día viernes es el último día laborable de la semana y en muchos casos o actividades, es un día de pago y ellos utilizan ese día para efectuar las compras en los supermercados y en los denominados centros de compras regionales y al igual que en nuestro país, la noche del viernes representa el momento de la salida de la ciudad, para las residencias o actividades propias del fin de semana.

c. VARIACION HORARIA

Si se efectúa una mayor subdivisión del tiempo y se tabularan los volúmenes de tránsito que circulan por una calle o camino, se podrá verificar la existencia de una cierta distribución de aquellos a lo largo de las veinticuatro horas del día.

En general esta variación horaria presenta dos picos de tránsito, uno por la mañana y el otro por la tarde, dependiendo la intensidad de los mismos, del tipo de camino de que se trate y su ubicación geográfica.

De acuerdo con la experiencia puede afirmarse que en las zonas rurales no existe un pico muy pronunciado en las horas de la mañana, mientras que en las zonas urbanas ese pico se produce en el intervalo comprendido entre las 7 y 10 horas.

En cambio para ambos tipos de caminos, rural y urbano, el mayor pico del día se produce entre las 4 y 6 de la tarde.

Los caminos rurales, en las cercanías de un área urbana, presentan mayores variaciones que en el resto de su recorrido, e incluso tienen un pico matinal bastante diferente. Esto se debe a la influencia del área urbana sobre dichos tramos.

En las áreas urbanas propiamente dichas, se presenta un pico de tránsito direccional en las horas de la mañana. Este pico es más acentuado

en aquellas arterias que conducen al distrito comercial central, mientras que por la tarde el pico mayor se lo encuentra en aquellas arterias que salen del centro.

Esta circunstancia provoca que en las autopistas y avenidas con doble sentido de circulación se produzcan altos picos direccionales. Aquí en Buenos Aires y hasta la remodelación que se efectuara en la Avenida del Libertador, para facilitar la circulación de los vehículos, se daba sentido único de circulación hacia el centro por la mañana y hacia Palermo por la tarde, precisamente por la existencia de ese pico de flujo direccional.

Por supuesto, en las arterias transversales también se producen tanto el pico matinal como el de la tarde, pero la diferencia entre ambos no es tan pronunciada.

A título de ejemplo, de esta variación horaria en la figura 3, se muestra la distribución horaria del tránsito para los días miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo, en un camino del sistema interestatal de los EE.UU. que pasa a través de una zona urbanizada.

Los picos de la mañana y de la tarde que se observan para los días comunes de semana, están representando los movimientos vehiculares correspondientes a los viajes casa-trabajo y trabajo-casa, respectivamente.

En cambio puede observarse que las variaciones volumétricas durante los días de fin de semana, son menos significantes excepto para el período pico de la tarde, correspondiente a los días domingos, que coincide con el regreso a sus hogares de los viajeros de fin de semana.

Tal como puede observarse, este pico de los domingos es solo superado por el pico de la tarde de los viernes que está representando a los viajes trabajo-casa, más compras-casa.

Un resumen gráfico de las variaciones mensuales, diarias y horarias, - está mostrado en la figura 4.

En ella se han representado las variaciones de tránsito para una misma calle (Railroad Street) de una pequeña población de Nueva Inglaterra - (EE.UU.), suministrándose además la comparación de dichas variaciones con las experimentadas en otra calle (Main Street) de la misma ciudad.

De esta comparación puede apreciarse la similitud de las formas de las variaciones semanales y horarias.

d. VARIACIONES DENTRO DE LA HORA PICO

Como es fácil observar, si se efectúa un conteo de tránsito en períodos menores de una hora, se tienen distintos valores del flujo para iguales períodos, lo cual nos demuestra que aún, dentro de la hora, se producen variaciones en lo que respecta a los volúmenes de tránsito, existiendo también, dentro de la hora, períodos pico.

En la práctica solo se analizan los picos que se producen dentro de la hora de mayor volumen, siendo la variación del flujo de tránsito dentro de dicha hora pico, una función de las características del camino.

La medición de los volúmenes de tránsito durante períodos menores de una hora, tiene su razón de ser para su aplicación en la solución de problemas cotidianos, pues ellos representan los períodos de mayor demanda para el uso del camino o calle.

Como resulta lógico comprender, en la medida que se reduce el período de medición, también se reduce el número promedio de vehículos que pasan por el puesto de control. Sin embargo, la variabilidad de pequeños valores medios, es mayor que aquella que presentan los altos valores, cuando dicha variabilidad está expresada como un porcentaje de la media.

Por lo tanto el volumen observado durante un corto período de tiempo, dentro de la hora pico, tiene una gran posibilidad de exceder al valor medio, que el que tiene el volumen observado durante toda la hora.

La evaluación de las características de los volúmenes pico está generalmente basada en los conteos de tránsito en períodos de 5, 10 o 15 minutos.

En la práctica, estos conteos en períodos menores de una hora y para la hora pico de un camino o una arteria urbana, se los utiliza para la determinación de los ciclos de los semáforos y en la determinación de la capacidad de las ramas de los intercambiadores de tránsito.

3. VOLUMEN HORARIO DE DISEÑO

Debido a consideraciones de orden económico, tanto en el planeamiento como en el diseño de caminos, el volumen horario es el factor que se toma en cuenta para dimensionar una ruta, cualquiera sea el tipo de la misma.

En efecto, el valor del ^{T.M.D.A.} tránsito medio diario anual, que es la característica del flujo de tránsito más comúnmente utilizada tanto en la Ingeniería de Tránsito como en la Vial, es un valor medio que no representa las fluctuaciones que el tránsito experimenta en los distintos momentos del día.

En primer lugar el T.M.D.A. representa un valor que es superado en muchas oportunidades a lo largo del año. En estudios realizados en caminos rurales de los EE.UU., se ha comprobado que el valor del T.M.D.A. es sobrepasado durante 160 días en el año, habiéndose encontrado valores extremos de 228 días.

Esto equivale a decir que prácticamente durante medio año, por los caminos circulan volúmenes de tránsito ^{diarios} mayores que el correspondiente al T.M.D.A de los mismos.

En nuestro país, para citar un caso por todos conocidos, se tiene que la Ruta 2 registra un T.M.D.A. de alrededor de los 4.000 vehículos por día, pero durante la temporada estival y en muchos fines de semana, los volúmenes de tránsito ^{diarios} que circulan por la misma superan holgadamente esa cifra.

De acuerdo con lo mencionado precedentemente, si se diseñara un camino para un volumen igual al T.M.D.A. que el mismo tiene asignado, podría suponerse que existirían una gran cantidad de días en el año en los cuales habría cierto grado de congestión y en otros se circularía con gran comodidad por parte de los conductores.

Esto en la realidad no es cierto, pues lo único que se tendría sería un camino sobredimensionado ya que, como se ha visto, el volumen de tránsito sufre una serie de fluctuaciones a lo largo del día y en los mencionados estudios se ha comprobado que en aquellos caminos rurales con variaciones diarias no muy acentuadas, el volumen de la hora pico representa sólo un 25% del valor dado por el T.M.D.A., aunque la gama de variación, considerando las zonas urbanas y los caminos turísticos, oscila entre el 8% y el 55%.

Todo esto conduce a que, desde el punto de vista de la economía vial y a los efectos de evitar sobreinversiones, lo más lógico es diseñar geométricamente un camino partiendo de un determinado valor de los volúmenes horarios de tránsito.

Ahora bien, el flujo de tránsito, en cualquier camino, muestra una considerable fluctuación en los volúmenes, durante las diferentes horas del día y aún una mayor variación horaria a través de todo el año. Por lo tanto debe tomarse una decisión acerca de cual de esos volúmenes horarios de tránsito debe ser utilizado para el diseño del camino.

Desde ya puede afirmarse que no resultará económico utilizar para el diseño los valores extremos de esos volúmenes horarios, que pueden acaecer solamente unas pocas veces al año. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el -

volumen horario de diseño, no debe ser frecuentemente excedido, en beneficio de las condiciones de operación de la vía que se proyecta.

En distintos estudios realizados acerca de las características de los volúmenes de tránsito, se han desarrollado una serie de relaciones entre los volúmenes horarios, de distintos tipos de caminos y sus respectivos T.M.D.A.

Esos estudios consistieron en la determinación, para cada tipo de ruta, de los volúmenes horarios que circularon durante todo el año, para ordenarlos luego en forma decreciente y relacionar cada uno de esos valores con el T.M.D.A., de la ruta analizada, expresándolos como un porcentaje de este último valor.

Estas relaciones fueron posteriormente graficadas, obteniéndose una serie de curvas como las indicadas en la figura 5, en la cual puede observarse que los distintos valores representan, aproximadamente, una familia de curvas y que las características funcionales de una ruta dada, determina el valor de la ordenada y la magnitud de la diferencia con las otras, en el rango de los más altos volúmenes horarios del año.

De un primer análisis de esa figura puede deducirse que la mayor demanda de tránsito ocurre, en las rutas recreacionales, durante cortos períodos de tiempo en el año, tal es el caso de la Ruta 2, mientras que en las arterias urbanas, el tránsito está más uniformemente distribuido a lo largo de las horas del año.

Por otra parte puede apreciarse que prácticamente todas las curvas descienden bruscamente de sus valores máximos, para hacerse luego casi asintóticas al eje de las horas. Basándose en esta particularidad de las curvas puede determinarse cual es el volumen horario más adecuado para el diseño.

En general, en esas curvas, se produce un pronunciado quiebre, el cual ocurre entre la vigésima y quincuagésima horas más cargadas del año. Ahora bien, si

el valor horario elegido para el diseño está a la izquierda de este rango, vale decir que corresponde a una hora menor que la vigésima, el incremento logrado en el diseño del camino, solo sirve para ^{acomodar} acomodar los volúmenes correspondientes a unas pocas horas más en el año. Por el contrario, un valor horario ubicado a la derecha de la quincuagésima hora más cargada, produce solo una pequeña disminución en el porcentaje del volumen de diseño con respecto al T.M.D.A. existente o previsto para la ruta en cuestión.

Como norma general, la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), recomienda usar para el diseño geométrico de caminos el volumen correspondiente a la trigésima hora más cargada del año.

El diseñar con la trigésima hora más cargada del año, significa que durante 29 horas al año, el camino tendrá un volumen de tránsito que excederá las previsiones del cálculo y en consecuencia los conductores experimentarán alguna molestia causada por la disminución de las condiciones operativas del camino.

Pero debe tenerse en cuenta que esas 29 horas en las que se experimentarán ciertos inconvenientes en la circulación de los vehículos, representan un pequeño porcentaje, el 0,33% del total de horas del año y por lo tanto durante el 99,67% restante, las condiciones de operación del camino serán iguales o mejores que las tomadas en cuenta al realizar el proyecto.

Cabe aquí mencionar que los estudios realizados han demostrado que las curvas que relacionan el volumen horario, el T.M.D.A. y las horas del año, han mantenido su forma a través de los años, razón por la cual puede esperarse para el futuro un comportamiento similar.

Tal como puede apreciarse en la figura 5, existe una relación entre el volumen horario del diseño y el T.M.D.A., relación que puede ser designada como un factor K. En la práctica corriente la determinación del V.H.D., se efectúa multiplicando el T.M.D.A., existente o futuro, de la ruta, por dicho factor K.

La relación entre el volumen de la trigésima hora más cargada del año y el T.M.D.A., es sin dudas un factor que depende del tipo de camino. Así por ejemplo, en los principales caminos rurales ese factor K tiene un valor promedio del 15%, con un rango de variación que oscila entre el 12% y el 18%.

Para las calles y arterias urbanas, la relación entre la hora trigésima y el T.M.D.A., el valor promedio de K es de alrededor del 11% variando en rango comprendido entre el 7% y 18%.

El gráfico de los volúmenes horarios dados como porcentaje del T.M.D.A. para las horas de mayor tránsito del año, está representada en la figura 5 y el mismo representa una ilustración del rango dentro del cual el valor del factor K antes mencionado, tiene una probabilidad de ocurrir en el 70% del tiempo para las condiciones de operación más comunes, encontradas en los principales caminos rurales de los EE.UU.

Lo mencionado hasta aquí, respecto a como seleccionar el volumen horario de diseño y su relación con el T.M.D.A., es sin duda alguna válido para las condiciones de los EE.UU., pero parecería que dichas conclusiones pueden ser aplicadas en otros países ya que en España, por ejemplo, los estudios realizados mostraron una tendencia similar.

En nuestro país hasta el presente y a pesar de tener ya una serie de datos disponibles, no se ha realizado aún ningún estudio para comprobar si aquellos valores tienen una correcta aplicación.

Sin embargo, dado la serie de condiciones aleatorias que intervienen en la realización de los conteos de tránsito y en la obtención de los datos correspondientes, tal como se verá más adelante, pueden tomarse los valores mencionados sin temor de cometer un error considerable.

4. CENSOS DE TRANSITO

Se ha visto, hasta el presente, la importancia que tiene para la ingeniería vial y para la de tránsito, el conocimiento del flujo de tránsito, como

así también algunas de las características propias de ese flujo, como lo son las variaciones que el mismo experimenta.

Para poder determinar esas variaciones, como así también cualquier otra característica fundamental del flujo de tránsito, se emplean dos tipos bien diferenciados de censos de tránsito. [El primero de ellos es el censo volumétrico, en el cual se cuenta el número de vehículos que pasa por un punto del camino durante un período de tiempo convenientemente elegido, de manera tal que permita determinar la característica que se desea.]

El otro tipo de censo es el de origen y destino, en los que se establece mediante indagación directa de un porcentaje determinado de vehículos o de población urbana, el origen y destino de los viajes realizados o que se están realizando en un determinado día.

La finalidad de este tipo de censo es la determinación de las líneas ideales de viajes y poder luego asignar el tránsito a un nuevo camino.

Se analizará primeramente, todo lo relacionado con los censos volumétricos, para ver a posteriori una breve reseña vinculada con los censos de origen y destino.

5. CENSOS VOLUMETRICOS

A. Generalidades

A primera vista parece sencillo planificar y realizar un censo volumétrico de tránsito en una red cualquiera de caminos y el método más simple de llevarlo a cabo, parecería ser el conteo de vehículos mediante el empleo de censistas ubicados a lo largo de los caminos de dicha red, en una serie de estaciones censales y efectuar los recuentos durante todas las horas del día y todos los días del año.

Pero en la práctica esto no resulta conveniente, primero por el alto costo que ello representa y luego que el tedio que se origina en los censistas, tiende a producir grandes errores.

Afortunadamente se han ideado una serie de equipos que permiten efectuar ese conteo en forma mecánica, aunque como se verá más adelante no puede eliminarse de manera total el empleo de personas para realizar los censos volumétricos.

Pero aún contando con estos equipos automáticos, no resulta conveniente instalar los mismos en cada sección de camino de la red, una por el costo de esos equipos y otra porque también resultaría oneroso analizar y procesar esa enorme masa de datos.

Es por ello que para efectuar los censos volumétricos de tránsito se recurre a métodos estadísticos que permiten, con un cierto grado de exactitud, perfectamente acotada, obtener los valores necesarios para los fines perseguidos.

B. Contadores automáticos de tránsito

Tal como se mencionara existen una serie de equipos mecánicos y electrónicos, que facilitan la ejecución de los censos de tránsito.

Si bien estos aparatos tienen un precio variable, según el grado de sofisticación, la inversión que en ellos se realice, la cual puede ser elevada, se compensa por el intenso uso que se da a esos equipos y por su vida útil.

Estos aparatos denominados comúnmente contadores de tránsito, constan de dos partes bien diferenciadas; una parte mecánica o electromecánica en la cual se registran los vehículos que pasan y un detector de éstos y por tal motivo se analizará por separado cada una de ellas.

1.1. Registadores mecánicos

Existen distintos tipos de equipos contadores de tránsito o registradores mecánicos que van desde el más simple de todos ellos, que consiste en un contador continuo con un dial visible, en el cual se acumulan los valores registrados. En realidad este equipo es un simple cuentagano, accionado mecánicamente por un motor eléctrico que le hace girar una unidad a cada impulso del detector.

Estos equipos se utilizan para realizar censos de corta duración, en períodos no mayores de 24 horas y en aquellos caminos de bajos volúmenes de tránsito, ya que solo pueden registrar hasta un máximo de 9.999 unidades. La figura 6 ilustra un contador de este tipo.

Como se dijera este tipo de aparato es el más simple de todos ya que los otros modelos incorporan elementos que los van haciendo más completos. Así se tienen los contadores con registrador horario de los datos.

Estos equipos constan de un reloj, que puede ser a cuerda, eléctrico o en la actualidad electrónico y un impresor, que según se calibre el aparato, imprime sobre una cinta de papel, cada 5, 15, 30 o 60 minutos, el número de vehículos que pasaron por el detector, indicando además la hora del día a la cual pertenece el registro o impresión realizado.

Por otra parte estos equipos con impresión horaria tienen la particularidad de volver a cero los volúmenes registrados y reiniciar la cuenta hasta la próxima hora. Es de hacer notar que cuando la impresión se realiza por períodos menores de una hora, como ser de 5 o 15 minutos, imprimen valores acumulados, ya que solo vuelven a cero, cuando imprimen el valor correspondiente a la hora. Esto -

equivale a decir que para saber el volumen de tránsito que pasa entre dos registros sucesivos de 15 minutos, hay que hallar la diferencia entre los valores impresos. En cambio los valores correspondientes a cada hora, son los volúmenes absolutos acaecidos entre la hora anterior y en la cual se efectúe la impresión.

Esta característica permite que estos equipos puedan ser empleados en estaciones censales en las cuales se efectúen conteos de varios días, una semana o aún, en aquellas que actúan en forma permanente a lo largo del año.

Por otra parte, se presentan variaciones en lo que se refiere al tipo de impresión que efectúan estos contadores, ya que algunos de ellos imprimen la hora y los dígitos indicativos del volumen, mientras que otro tipo adiciona a esa impresión un sistema decimal binario codificado, de manera tal que permite que los datos impresos en la cinta de papel puedan ser leídos en una lectora óptica la cual, además de acelerar la tarea de lectura, va acoplada a una máquina perforadora de tarjetas, la que perfora, de acuerdo con un programa previamente establecido, los datos contenidos en la cinta.

Esto permite eliminar toda posibilidad de error humano, fundamentalmente en aquellos casos en los que una gran cantidad de datos deben ser volcados en planillas para su procesamiento, por medio de una computadora electrónica de datos.

En la figura 7 se muestra una fotografía de este tipo de equipo, mientras que en la figura 8 se han reproducido dos trozos de cinta impresa, una de ellas la 8a con el tipo de impresión común y la segunda en la 8b, con la impresión dual, dígitos e impresión binaria decimal codificada.

Otro tipo de equipo registrador es el de gráfico circular que se muestra en la figura 9, el cual permite registrar volúmenes desde 0 hasta 1.000 vehículos para intervalos de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos, según un diagrama polar. Esos volúmenes pueden ser tomados mediante censos de 24 horas o de hasta 7 días de duración, dependiendo del equipo que se emplee.

En este tipo de contador, una punta inscriptora se mueve sobre el gráfico en respuesta a la acción del tránsito y de acuerdo con el período seleccionado para el conteo.

Una variación de los equipos contadores con impresión sobre cinta de papel lo constituye contador con cinta perforada. Estos equipos como el que se muestra en la figura 10, registran los volúmenes horarios o los que corresponden a menor período, mediante la perforación en forma codificada, de la cinta de papel.

A igual que la cinta con impresión binaria decimal, la cinta perforada puede ser utilizada directamente en la computadora.

Estos tipos de aparatos son los más comúnmente utilizados por los distintos organismos viales y municipales, pero sin duda el adelanto de la técnica hace que día a día aparezcan en el mercado, nuevos tipos de aparatos los que son rápidamente desplazados del mismo, por otros más sofisticados. Así por ejemplo uno de los últimos equipos aparecidos, efectúa el registro de los volúmenes en cintas magnéticas, lo cual además de permitir el registro de un mayor número de datos, facilita su empleo en forma directa con las computadoras.

Por otra parte y a los efectos de realizar estudios especiales de tránsito, suele utilizarse equipos fotográficos. En general ellos requieren un equipo especial de filmación ubicados en una posición elevada sobre el camino, tal como se ilustra en la figura 11. Mediante el empleo de estos equipos que permiten tomar una serie de

fotografías, sacadas a intervalos preestablecidos de tiempo, con lo cual se logra un periódico o virtualmente continuo inventario del flujo de tránsito.

Debido al costo de estos equipos y para la seguridad de los mismos, se requiere que ellos estén atendidos durante el período de operación por personal especializado.

La toma que se realiza sobre el flujo de tránsito generalmente se efectúa a una velocidad de 60 a 300 cuadros (fotos) por minuto. El volumen de tránsito debe ser contado manualmente cuadro por cuadro mediante la proyección del film con cámaras especiales.

Como podrá comprenderse, la obtención de los valores correspondientes a los volúmenes de tránsito, además de llevar un tiempo considerable, resulta muy oneroso, razón por la cual estos equipos se los emplea para estudios muy especiales de investigación.

B.2. Detectores

Todos estos contadores descritos, excepto el equipo de filmación, funcionan conectados a un detector que, tal como su nombre lo indica es el elemento que revela la presencia de un vehículo sobre el punto de medición.

Existen distintos tipos de detectores, siendo los de uso más común los que se describirán a continuación:

a. Detector a tubo neumático (manguera)

Prácticamente todo equipo portátil, que se emplea para efectuar censos de corta duración, de hasta una semana, utiliza este tipo de detector, el cual consiste en un tubo de goma o manguera flexible, colocada sobre el pavimento formando un ángulo recto con la trayectoria de los vehículos.

Uno de los extremos de esta manguera es obcurado con un tapón y fijado al pavimento, mientras que el otro extremo se conecta al contador a través de un diafragma que hace las veces de interruptor.

El pasaje de las ruedas de un vehículo sobre el tubo neumático, hace que el volumen de aire ocluido en la manguera, se desplace ejerciendo una presión sobre el diafragma. Esta presión produce un desplazamiento de la membrana, de este diafragma, lo cual cierra un circuito eléctrico, el que a su vez hace actuar al contador.

Como puede observarse, cada pasaje de un eje, de cualquier vehículo, provoca el registro de una unidad ya que el motorcito eléctrico que posee el contador, hace girar una unidad en el registrador y por lo tanto en estos casos, la cifra que nos da el contador, representa el número de ejes que han pasado sobre la manguera, o sea el detector.

Algunos equipos vienen preparados de tal forma que cada paso de un eje sobre el detector, produce el desplazamiento de media unidad en el contador, con lo cual la indicación final de éste, nos estaría dando directamente el número de automóviles o de vehículos de dos ejes que han pasado sobre el detector.

La ubicación del detector neumático, sobre el camino o calle resulta ser muy importante, fundamentalmente en las zonas urbanas, ya que si se los emplazara cerca de una intersección, los vehículos que giran en la misma, producirían un doble registro pues cruzarán en forma oblicua la manguera, con lo cual en lugar de detectar ejes, se estaría registrando el número de ruedas.

En las zonas urbanas, se recomienda emplazar estos detectores a mitad de cuadra o por lo menos a más de 30 metros de una intersección, mientras que en las zonas rurales se deben ubicar en tramos rectos, lejos de las curvas.

La figura 12 ilustra la colocación de este tipo de detector.

b) Detector mediante contacto eléctrico

Este tipo de detector utiliza una base que consiste en una placa sobre la cual se coloca una cubierta de goma vulcanizada, en cuya cara interior se coloca una placa metálica longitudinal o bien una espiral metálica, tipo resorte, en forma de sinusoide.

La base metálica y este resorte, están separados de manera tal que cuando los ejes de un vehículo pasan sobre la goma vulcanizada se produce un descenso de la misma provocando el cierre del circuito, con lo cual se acciona el contador.

Este tipo de detector, como puede fácilmente comprenderse, es de tipo permanente, ya que el mismo queda fijo en el pavimento.

Existe una variante del mismo que permite ser utilizado en puestos móviles. Este tipo de detector a contacto eléctrico portátil, consiste en dos contactos metálicos separados entre sí y cubiertos o bien por una goma vulcanizada o por otra placa de metal flexible. El peso del eje de un vehículo cualquiera hace que ambas placas metálicas entren en contacto y se produzca el cierre del circuito, sumándose entonces un impulso al contador.

Ambos tipos de detectores pueden verse en las figuras 13a y b.

c) Detector a célula fotoeléctrica

Este equipo está formado por una fuente emisora de luz y una célula fotoeléctrica, la detección de cualquier objeto o vehículo se produce cuando éste pasa entre la fuente emisora y la célula fotoeléctrica, es decir cuando el haz lumínico es interceptado por un objeto opaco.

No se recomienda la utilización de este tipo de detector para efectuar conteos en más de dos carriles, por los cuales circulen más de 1.000 vehículos por hora.

Por otra parte, debido a la gran variabilidad existente en las dimensiones entre los distintos tipos de vehículos, resulta difícil encontrar una adecuada ubicación, en lo que a altura del haz lumínico se refiere, de manera tal que no se produzca un conteo de los ejes de un camión, o los parantes de las ventanillas de los automóviles.

En efecto, si se coloca el emisor lumínico a una altura tal que sea intersectado por la parte inferior de un automóvil, se corre el riesgo de que durante el paso de un camión, cuya caja es más alta que las ventanas de un auto, el equipo cuente solamente los ejes de aquél. Por esta razón se emplea a este tipo de detector solamente para el conteo e identificación de camiones.

Resumiendo, el detector a célula fotoeléctrica, es un equipo simple y confiable, limitando su empleo a caminos con bajos volúmenes de tránsito, dado que la exactitud del mismo no resulta adecuada para altos volúmenes, mientras que por otra parte no permite diferenciar los volúmenes individuales de los distintos carriles de un camino multitrocha.

En la figura 14 se ilustra un detector de este tipo.

d) Detector a radar

Estos equipos funcionan mediante el empleo del sistema Doppler de emisión y recepción de ondas. La pantalla emisora es colocada a cierta altura sobre el pavimento o del carril. Esta pantalla emite unas ondas que rebotan en el pavimento, se reflejan y vuelven al emisor, en un determinado período de tiempo.

Al pasar un vehículo, como es lógico suponer, la onda rebota sobre éste y tarda en consecuencia un menor tiempo en volver a la pantalla. Cuando esto ocurre, el aparato hace cerrar un circuito eléctrico que acciona al contador, registrándose en consecuencia el paso de un vehículo.

Los detectores de este tipo no están sujetos al deterioro por la acción del tránsito y a la vez son exactos y sus datos resultan confiables. Sin embargo, su alto costo inicial y de mantenimiento hacen que su empleo no esté muy difundido.

La figura 15 muestra la forma en que se halla instalado un radar.

e) Detector magnético

Este tipo de equipo registra una señal o impulso originado por el paso de un vehículo a través de un campo magnético (fig. - 16).

Dado que el elemento que crea el campo magnético está embebido en el pavimento, este tipo de detector no está sujeto al deterioro producido por el tránsito. Sin embargo, el emplazamiento de este tipo de detector en las proximidades de instalaciones eléctricas de alta tensión, o de tanques subterráneos, cables, etc., puede producir alteraciones en el campo magnético que dificulten o hasta imposibiliten el empleo de los mismos.

f) Detector a lazo inductivo o magnético

El detector a lazo inductivo o magnético constituye una variación del detector de tipo magnético. El sistema funciona sobre la base del cambio de la inductancia que se produce en una espira rectangular, enterrada en el pavimento, ante el paso de un vehículo.

La dimensión del loop o lazo, es de 1,80 x 1,80 m. y en caminos multitrochas, puede ubicarse una espira en cada carril, lo cual permite determinar el flujo de cada uno de ellos. En caminos de dos carriles también puede colocarse una espira en cada carril, con lo cual podrá tenerse el flujo direccional, o bien colocar un lazo más largo, que abarque ambas trochas.

El lazo va conectado a una interfase que permite graduar y calibrar la inductancia de la espira y a la vez está vinculada con el contador. Cuando se desea medir los volúmenes de cada carril, es necesario disponer de tantos contadores como carriles independientes haya. Lo mismo en el caso de caminos de dos carriles.

En cambio, aunque se tenga una espira por carril y solo se desea medir el flujo total, con un único contador, cada interfase correspondiente a cada espira, se conecta a otro elemento electrónico que actúa como receptor de todos los impulsos y los envía al contador. Esto se hace por cuanto la respuesta de las interfases son prácticamente instantáneas y el contador es accionado por medios mecánicos de respuesta más lenta a los impulsos.

De no colocar esa segunda interfase, que va descargando los impulsos recibidos a una velocidad acorde con la de los mecanismos del contador; se perderán una gran cantidad de datos fundamentalmente en las autopistas, en las que pueden pasar varios vehículos en forma simultánea sobre las distintas espiras.

La colocación de estas espiras es sencilla, basta para ello - efectuar una acanaladura en cada carril, tal como se muestra en la figura 17. Dicha acanaladura es de 1 a 1,5cm. de ancho por 2 o 3 cm. de profundidad y en ella se forma la espira dando dos o tres vueltas de cable.

Como puede apreciarse tanto el radar como el detector magnético y la espira inductiva, registran el paso de un vehículo, - mientras que la manguera o detector neumático y el eléctrico, acusan sólo el paso de ejes.

Ahora bien, en ambos casos ya sea que se registren ejes o vehículos, se hace necesario efectuar conteos manuales de clasificación, pues existen vehículos que poseen más de dos ejes - o bien pueden pasar camiones con acoplados.

Estos recuentos de clasificación permiten tener una muestra - de la composición del tránsito para luego extrapolar la misma a los registros dados por los contadores.

6. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL TRANSITO MEDIO DIARIO ANUAL

Se ha mencionado precedentemente que para determinar los volúmenes de tránsito de un camino, se recurre a métodos estadísticos, basados en el análisis - del comportamiento de los flujos de tránsito. Se verán a continuación dos - procedimientos para la determinación del T.M.D.A.

A. Método basado en las variaciones experimentadas por el flujo de tránsito

Ya se ha visto en el punto 2, que los volúmenes de tránsito experimentan una serie de variaciones a lo largo del día, de la semana y del año. - Ahora bien, en estudios realizados en los EE.UU. se ha comprobado que dichas variaciones del tránsito, expresadas como porcentajes del T.M.D.A., son similares para todos los caminos de una zona geográfica, económica y socialmente homogénea.

Es necesario dejar perfectamente aclarado que esto no significa que todos los caminos de esa zona homogénea tengan los mismos volúmenes de tránsito, sino que en la misma, éstos experimenten iguales o similares variaciones. Dicho en otras palabras, si se registran, por ejemplo, las curvas de variaciones diarias, correspondientes a dos caminos de una misma zona homogénea, se puede observar que dichas curvas son iguales o similares en su forma, aunque los volúmenes que circulen por esas rutas sean distintos.

En consecuencia, para la aplicación de este método deberán determinarse dentro del país, las zonas geográficas, económicas y socialmente homogéneas y para cada una de ellas determinar las características de las ya mencionadas variaciones del flujo de tránsito, para luego determinar los valores del T.M.D.A. en los distintos tramos de caminos de la red, ubicados en dichas zonas.

Para ello deberán operarse dentro de cada zona tres tipos bien diferenciados de estaciones censales a las que se denominarán: permanentes, de control y de cobertura *estacionales* y *sumarias*.

Sea una red de caminos cualquiera, como la dada en la figura 18, de la cual se desea, para cada una de las secciones determinar el volumen de tránsito medio diario anual. En un primer paso se hará abstracción de la composición del tránsito, para referirse exclusivamente al volumen total.

En esa hipotética red se han marcado con trazos más gruesos, los caminos importantes y con trazo fino los de mediana y poca importancia.

Lo primero que debe determinarse para esa red, ubicada en una zona homogénea, son las variaciones que experimenta el tránsito y para ello será necesario emplazar algunas estaciones censales permanentes.

Estas estaciones censales permanentes, cuyo número dependerá de la magnitud de la zona y de la extensión de la red, deben funcionar los 365 días del año, en forma continua, durante las 24 horas del día y proporcionando los valores horarios del tránsito.

De esta forma se podrán construir las curvas de variaciones diarias, semanales y mensuales, correspondientes a cada estación, curvas éstas que deben ser similares, por hallarse las estaciones permanentes dentro de una misma zona homogénea. Si esto no ocurriera, significa que unas o varias estaciones permanentes, pertenecen a otra zona.

Teniendo en cuenta que son muchos los factores que pueden alterar las características del tránsito dentro de una zona extensa y que por ello pueden variarse los límites de la misma o establecerse nuevas zonas, se hace necesario verificar en forma periódica la validez, para distintos puntos de la red, de las curvas dadas por las estaciones permanentes.

Entre los factores que pueden hacer variar las características del tránsito, en una determinada zona, pueden citarse, la radicación de un complejo industrial, o bien otro tipo de cambio del uso del suelo como ser una zona de explotación netamente agrícola, que pase a ser ganadera o viceversa. Sin dudas y como es fácil comprender, estos cambios producen alteraciones en los flujos de tránsito.

Volviendo a los censos de tránsito, se ha dicho que era necesario verificar en forma periódica, la validez para los distintos puntos de la red, de las curvas dadas por las estaciones permanentes y para ello se hace necesario emplazar en distintos puntos de la red una serie de estaciones censales de control.

* Estas estaciones de control operan en forma continua durante una semana corrida, cuatro veces al año, una semana en cada una de las estaciones del año, o sea una semana cada tres meses, razón por la cual también reciben el nombre de estacionales.

De esta forma con los datos suministrados por estas estaciones de control o estacionales, pueden construirse las curvas de variación diaria y semanal para cada uno de los puestos censales en que han operado y comparar estas curvas con las suministradas por las estaciones permanentes.

Por otra parte con los datos aportados por las estaciones de control, se pueden determinar los valores del T.M.D.A., para las secciones de caminos en las cuales están instaladas, siguiendo el procedimiento que se verá más adelante.

De hecho, con las estaciones permanentes más las de control, no se cubren todos los tramos de caminos que componen la red de la zona en estudio, por lo tanto habrá que efectuar en todos los tramos restantes, algún tipo de conteo, cuyos resultados, vinculados a los de las estaciones permanentes, permitan obtener el valor del T.M.D.A. en los puntos en los cuales se ha censado.

Para ello se emplean las estaciones censales de cobertura o sumarias que operan 4, 8 y 16 horas, durante un día común de semana, proporcionando el volumen total del tránsito que pasa por la misma durante el período de funcionamiento y, relacionando estos datos con las curvas dadas por las estaciones permanentes, válidas para la zona o región, se obtiene una estimación del T.M.D.A.

Estas estaciones de cobertura pueden funcionar una vez al año en cada punto o sección de camino de la red, pero como es fácil suponer, el error con que se obtiene el T.M.D.A. es grande. Por ello y para disminuir dicho error, cuando se trata de llevar datos estadísticos se realizan censos de cobertura, en las cuatro estaciones del año, en cada punto de la red, en virtud del concepto estadístico de que cuanto mayor sea la muestra, menor será el error del valor estimado.

Antes de ver el procedimiento analítico para el cálculo del T.M.D.A., en cada punto o sección de la red, resulta necesario efectuar algunas

aclaraciones acerca de los volúmenes de tránsito que circulan por cada tramo de camino.

En primer lugar puede afirmarse que si en un tramo de camino cualquiera, ubicado entre dos intersecciones, por ejemplo tramo denominado a. en la figura 18, no existiera ningún generador de tránsito, como ser una población, centro industrial, etc., el volumen del tránsito que circula por el mismo, será idéntico en todos sus puntos y en consecuencia para determinar el T.M.D.A., de dicho tramo, será suficiente efectuar un censo de cobertura, en un punto cualquiera del mismo.

En cambio, si en ese tramo existiera ese centro generador del que se hizo mención, seguramente los valores de tránsito para la sección anterior y posterior al mismo, serán distintos, razón por la cual, habrá que realizar censos en cada uno de esos tramos.

Podría suceder también que a lo largo del tramo, existieran más de un centro generador del tránsito, en cuyo caso el camino quedaría dividido en una serie de subtramos, limitados por cada centro generador o los accesos a los mismos. En una situación como esta, si se desea conocer el volumen de tránsito para cada subsección, con fines muy específicos, correspondería establecer en cada una de ellas un puesto censal de cobertura para luego determinar su T.M.D.A.

Para el caso en que no fuese necesario operar con tanta precisión, bastaría con realizar un censo de cobertura en las proximidades de las intersecciones del tramo con otras rutas, determinar el T.M.D.A. en cada uno de esos puestos, los que serán distintos para cada estación y suponer luego que la variación del volumen de tránsito dentro del tramo, es lineal (Fig. 19).

Es necesario aclarar que si bien los censos se efectuarán en las proximidades de las intersecciones (p.e. 3 y 4), los puestos censales deben estar dentro del tramo en estudio.

Efectuado el planteo general de la ejecución de los censos para la obtención del T.M.D.A. de los distintos tramos de la red, se verá a continuación como se procede, partiendo de los datos dados por los tres tipos de estaciones censales descriptas, para la determinación de aquel valor.

Para una mejor ilustración se han tomado las curvas de variación diaria semanal y mensual, de un censo realizado hace muchos años, en el estado de Oregón, EE.UU., publicados en el trabajo "The Economics of Highway Planning" de Mc. Cullough and Beakey publicado en 1938 y que además sirvieron de ejemplo en los apuntes de Vías de Comunicación del Ing. Pascual PALAZZO.

Si bien los valores dados en esas curvas de Oregón (fig. 20,21,22), pueden resultar antiguas, es dable observar alguna o bastante similitud con las mostradas en las figuras 1, 2 y 3 en las que se aprecian las mismas variaciones del tránsito, pero para épocas más recientes.

Como resulta lógico suponer, si analizamos separadamente el comportamiento de los tres típicos componentes del flujo vehicular, como lo son los automóviles, los ómnibus y los camiones, podrá comprobarse que cada uno de ellos tienen comportamientos distintos en lo que a variaciones volumétricas se refiere, por ello resulta conveniente determinar curvas separadas para cada uno de ellos, o por lo menos, como está expresado en los gráficos del trabajo de Mc Cullough and Beakey, para automóviles - por una parte y para ómnibus y camiones, en conjunto, por otra,

Analizando en principio la figura 20, puede observarse que ese diagrama expresa que entre las 0 y 1 de la mañana pasa aproximadamente el 0,5% - del tránsito correspondiente a las 24 horas del día y que entre las 14 y 15 horas pasa el 7% del total de esas mismas 24 horas.

De acuerdo con esto, si se efectúa en una sección de camino un censo de cobertura de cuatro horas de duración, de 8 a 12 por ejemplo, se podrá calcular con la ayuda de ese diagrama, el tránsito total para las 24 - horas del día en que se efectúe el censo.

En efecto del análisis del gráfico se tiene que entre las 8 y las 9 ha pasado el 7%, entre las 9 y 10 horas el 6%, entre las 10 y 11 horas el 6% y entre las 11 y 12 horas el 5%. En consecuencia durante las 4 horas que ha durado el censo, habrá pasado el $7+6+6+5=24\%$ del tránsito total de las 24 horas del día, por lo tanto para tener este valor será necesario efectuar la expansión del valor medido por el contador, durante 4 - horas a las 24 horas del día y para ello bastará dividir el número de - vehículos registrados por 0,24.

Por otra parte una vez efectuado este cálculo, debe tenerse presente el día de la semana y el mes en que se ha realizado el censo, dado que deben efectuarse correcciones que tomen en cuenta las variaciones semanales y mensuales, existentes en la zona en que se efectúa el censo.

Así por ejemplo si el censo se hubiera realizado un día miércoles del mes de agosto, tendríamos que de acuerdo con la variación semanal, los miércoles pasa el 90% del T.M.D.A., mientras que en el mes de agosto - se tiene el 115% del T.M.D.A.

En consecuencia el valor antes encontrado, es decir el dato suministrado por el contador, dividido por 0,24, hay que dividirlo sucesivamente por 0,90 y por 1,15 y de esta manera se obtendrá el valor del T.M.D.A. para el tramo en que se ha efectuado el censo.

Para una mejor ilustración, se desarrollará un ejemplo práctico acerca de como efectuar el cálculo del tránsito medio diario anual de un tramo de camino partiendo para ello del supuesto que en el mismo se han realizado cuatro censos a lo largo del año, con el fin de obtener una mayor precisión en el valor estimado del T.M.D.A.

En el ejemplo a desarrollar, se utilizarán las mismas curvas de variación ya mencionadas, correspondientes a un censo de tránsito realizado en el Estado de Oregón en los años 1936-1937.

Para facilitar la tarea, los valores porcentuales correspondientes a esas variaciones de flujo de tránsito, han sido tabulados y publicados en el Boletín N° 7 del Departamento Estadual de Caminos del Estado de

Oregón. Dichas tablas están dadas en las figuras 23, 24 y 25.

Refiriéndose siempre al censo del Estado de Oregón, supondremos que en una de sus estaciones censales de cobertura se realizaron cuatro censos de 8 a 16 horas, en días comunes de semana durante los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre (un censo en cada mes) y que el resultado de cada uno de esos censos arrojó los siguientes valores:

	Automóviles	Camiones
Febrero	176	79
Mayo	192	86
Agosto	211	94
Noviembre	187	83

Utilizando las tablas de la manera que a continuación se verá, se obtendrán cuatro valores del tránsito medio diario anual, los que por lógica serán distintos entre sí. El promedio de esos cuatro valores nos proporcionará el estimado del T.M.D.A. en ese tramo.

Mediante el empleo de la tabla referente a la variación diaria, se puede expandir las cifras, correspondientes a los censos de 8 horas de duración, a las 24 horas del día. Bastará para ello observar que la tabla permite determinar que para automóviles, en esas ocho horas, pasa un promedio de 46,15% del tránsito diario, cifra ésta que se obtiene sumando los porcentajes parciales correspondientes a cada hora entre las 8 y las 16. Para camiones, con igual procedimiento, se tiene que el porcentaje correspondiente es del 64,24%.

Dividiendo entonces dichos volúmenes de automóviles y de camiones, determinados en esos cuatro censos, por 0,4615 y 0,6424 respectivamente, se obtendrán el número de cada uno de esos tipos de vehículos que probablemente hayan pasado durante las 24 horas del día correspondiente a cada censo.

De acuerdo con ello se tendrá:

a) Automóviles

$$176 \% 0,4615 = 381$$

$$192 \% 0,4615 = 416$$

$$211 \% 0,4615 = 457$$

$$187 \% 0,4615 = 405$$

Hallados los volúmenes de automóviles que probablemente hayan pasado por los puestos censales durante las 24 horas de los días en que se realizó el estudio, se deberá realizar la corrección que tiene en cuenta la variación semanal.

En este caso particular, en el cual no se han especificado en que día - de la semana, se ha realizado cada censo y solo se menciona que los mis mos fueron llevados a cabo en un día común de semana, para determinar - el factor de ajuste, se procede a calcular el promedio de los porcenta- jes correspondientes a automóviles de los cinco días comunes de semana, es decir de lunes a viernes.

En consecuencia, de la tabla de la figura 24, se deduce que ese promedio es del 83,32% dividiendo entonces los valores recientemente determinados por 0,8332, se obtendrá un nuevo valor más ajustado del tránsito prome- dio diario:

$$381 \% 0,8332 = 457$$

$$416 \% 0,8332 = 499$$

$$457 \% 0,8332 = 548$$

$$405 \% 0,8332 = 486$$

Resta ahora, siempre para automóviles, efectuar la corrección mensual, para lo cual bastará hallar en la tabla de variaciones mensuales, de la figura 25, el valor del porcentaje que corresponde a los meses de febre

ro, mayo, agosto y noviembre, meses en los cuales han sido efectuados - los censos y dividir por esos porcentajes las cifras del tránsito promedio anteriormente calculadas.

Los porcentajes son: para febrero 89,04%; mayo 104,79%; agosto 113,36%; y noviembre 96,57%, en consecuencia se tendrá:

$$457 \% 0,8904 = 513$$

$$499 \% 1,0479 = 476$$

$$548 \% 1,1336 = 483$$

$$486 \% 0,9657 = 503$$

Tal como se mencionara, las cifras correspondientes a cada uno de los meses en que se realizó el censo y que representarían el T.M.D.A. de ese puesto censal, son disímiles, razón por la cual para hallar un valor estimado más exacto, se deberá efectuar el promedio de los cuatro valores y en consecuencia se tendrá que el tránsito medio diario anual de automóviles será:

$$1/4 \times (513+476+483+503) = 494 \text{ automóviles}$$

En el ejemplo seguido hasta el presente para la determinación del promedio anual de los automóviles, muestra paso a paso el procedimiento de cálculo del mismo, pero en la práctica, se simplifican los cálculos mediante la determinación previa de los coeficientes correctores. De esta forma en lugar de efectuar las tres operaciones relativas al tránsito, de los 176 automóviles, medidos en febrero, se efectúa una única operación multiplicando esa cifra por el siguiente coeficiente:

$$176 \cdot (0,4615 \times 0,8332 \times 0,8904) = 176 \% 0,3424 = 2,92$$

De esa manera se obtiene que el tránsito promedio de automóviles para febrero será:

$$176 \times 2,92 = 513 \text{ automóviles}$$

Los coeficientes para las restantes observaciones son respectivamente: 2,48; 2,29 y 2,69, resultando obvia su aplicación.

b) Camiones.

En forma absolutamente análoga se procede para el cálculo del promedio diario anual de camiones. De esa forma se tendrá:

$$79 \% 0,6424 \% 1,1073 \% 0,8484 = 79 \% 0,6035 = 79 \times 1,66 = 131$$

$$86 \% 0,6424 \% 1,1073 \% 1,0716 = 86 \% 0,7623 = 86 \times 1,31 = 113$$

$$94 \% 0,6424 \% 1,1073 \% 1,2949 = 94 \% 0,9211 = 94 \times 1,09 = 102$$

$$83 \% 0,6424 \% 1,1073 \% 0,8484 = 83 \% 0,6035 = 83 \times 1,66 = 138$$

En consecuencia el promedio anual de camiones será:

$$1/4 (131 + 113 + 102 + 138) = 121$$

c) Tránsito medio diario anual, en el tramo censado.

Habiéndose determinado los tránsito medios diarios anuales de automóviles y de camiones, resulta obvio que el valor estimado del tránsito - medio diario anual para un tramo de la red en la cual se han efectuado - los censos, será la suma de ambos valores, o sea $494+121 = 615$ vehículos por día.

De esta forma se calcula el valor estimado del T.M.D.A. en cualquier - tramo de una red vial, perteneciente a una zona o región geográfica-eco- nómica y socialmente homogénea, para la cual se haya determinado previa- mente, mediante el empleo de las estaciones permanentes, las tres curvas de variación del flujo de tránsito.

Como puede apreciarse las tablas de las figuras 23, 24 y 25, tienen una tercera columna que proporciona los porcentajes correspondientes para el tránsito total. Estos valores son de aplicación en aquellos casos en que solo se disponga el dato total de vehículos sin efectuar distinción entre automóviles y camiones, vale decir cuando no se haya hecho en forma coincidente un censo manual de clasificación.

En estos casos el procedimiento para determinar el valor estimado del T.M.D.A. es exactamente igual al empleado precedentemente.

Por último es necesario destacar que debe seguirse con suma atención los valores proporcionados por los contadores ubicados en las estaciones permanentes y de control, a fin de detectar cualquier modificación que puede producirse en las formas de las curvas de variaciones del flujo de tránsito.

B. Método propuesto por la Administración Federal de Caminos de los Estados Unidos de Norteamérica (F.H.W.A.)

La Administración Federal de Caminos de los EE.UU., partiendo de los estudios realizados por un funcionario de la misma, el Ing. Boris PETROFF, ha propuesto un nuevo sistema o método para la realización de los censos volumétricos de tránsito, tendientes a determinar el tránsito medio diario anual de los tramos de caminos de una red.

Dicho método está claramente descrito en la publicación, elaborada por el propio Ing. PETROFF y que se titula "Guía Para Un Manual de Conteo de Volúmenes de Tránsito (Guide for Traffic Volume Counting Manual) y la explicación que se hará del método propuesto, es prácticamente una traducción resumida de dicha publicación.

Se ha considerado conveniente, antes de explicar directamente el método, efectuar algunas aclaraciones acerca de las bases y fundamentos del mismo, el cual está expresado en el Capítulo I de la ya mencionada publicación.

El análisis estadístico y la experiencia en la aplicación de los procedimientos estadísticamente controlados en más de 30 Estados, constituyen la base sobre la cual se apoya el desarrollo del método propuesto.

La medición del error del valor estimado del T.M.D.A., efectuada en esos Estados, han indicado que los procedimientos por ellos utilizados, como regla general, han producido errores tan o más grandes que los obtenidos mediante la aplicación del método propuesto.

En la mayoría de los Estados, el costo de la obtención de los volúmenes de tránsito mediante el empleo de este método, resultó ser menor que el costo resultante de emplear los primitivos métodos de conteo, particularmente cuando el viejo método involucra el uso intensivo de estaciones de control o estacionales.

El método propuesto por la F.H.W.A., puede ser utilizado para obtener valores del volumen de tránsito con la exactitud necesaria o requerida para el diseño y análisis económico de caminos, con un mínimo costo y esfuerzo.

Solamente en las estaciones de conteo permanente o continuos y bajo perfectas condiciones, se puede obtener el verdadero T.M.D.A. con la expectativa de que el mismo sea absolutamente exacto, en la medida que no existan fallas mecánicas en el contador y de que se haya efectuado una correcta clasificación de los vehículos.

Cualquier censo cuya duración sea menor de un año, debe ser reconocido como una muestra y esta muestra puede ser entonces interpretada como que la misma guarda una cierta relación con el T.M.D.A. y por lo tanto deberán efectuarse una serie de ajustes para obtener este valor.

Cuando la muestra es afectada por ciertos coeficientes de ajuste para representar el valor del T.M.D.A., el valor resultante es una estimación

de este T.M.D.A. La medida de la exactitud de ese valor estimado, es la diferencia entre el mismo y el verdadero T.M.D.A., si este es conocido. Esta diferencia es el error de la estimación o del valor estimado.

En las estaciones de cobertura el verdadero valor del T.M.D.A. es siempre desconocido. Sin embargo, mediante la simulación de muestras de censo de cobertura realizados en las estaciones o puestos censales permanentes, en los cuales el verdadero T.M.D.A. es conocido, el error del valor estimado del T.M.D.A. en estaciones de cobertura, puede ser determinado mediante la aplicación de métodos estadísticos.

En otras palabras, puede decirse que si de los datos obtenidos en una estación permanente, para la cual el verdadero T.M.D.A. es conocido, tomamos los valores correspondientes a uno o dos días de censo -ya se verá que con este método las estaciones de cobertura funcionan 24, 48 o 72 horas- y proyectamos, aplicando las técnicas de expansión que se proponen, obtendremos una estimación del T.M.D.A. con un error fácil de medir, pues se conoce el verdadero valor. Este error de estimación puede entonces ser considerado similar al de las verdaderas estaciones de cobertura.

No existen medios o formas de conocer la exactitud de un valor estimado del T.M.D.A. aislado. Pero, mediante el empleo de los principios estadísticos, la exactitud de un gran número de valores estimados, puede ser determinada en términos de la probabilidad de la frecuencia con que ocurren errores de una magnitud definida.

Esa magnitud del error es atribuible al método de muestreo y de estimación empleado. Los errores debido a las imperfecciones o al mal funcionamiento de los equipos contadores de tránsito, no son tenidos en cuenta en el método que se propone utilizar, ya que el efecto de esos errores resulta ser el mismo cualquiera sea el método utilizado. Por lo tanto - existen medios objetivos que permiten establecer la superioridad de un método de estimación sobre otro, tanto más en la medida que se de peso a la exactitud de los valores estimados de los volúmenes de tránsito.

Cada Estado tiene sus propios problemas relacionados con la información referente a los volúmenes de tránsito y por otra parte no existe un único procedimiento que pueda resolver todos esos problemas.

Existe sin embargo un método que puede atacar esos problemas el cual, cuando es correctamente utilizado, producirá respuestas apropiadas a interrogantes tales como: el número de estaciones; duración y frecuencia de los conteos y la exactitud de los resultados.

Un amplio conocimiento de los principios básicos de las estadísticas y de sus fórmulas, resulta necesario para desarrollar los más eficientes procedimientos y obtener el máximo de exactitud de los datos que se disponen.

Las observaciones indican que existe una sustancial diferencia entre las variaciones de los volúmenes de tránsito, rurales o urbanos, en función de los distintos períodos de tiempo. Por lo tanto, se hace necesario desarrollar métodos separados para la realización de los censos y la estimación de los volúmenes de tránsito en caminos rurales y en calles o arterias urbanas.

Efectuada estas aclaraciones, se pasará a analizar, ahora, el método propuesto por la F.H.W.A. para efectuar los censos volumétricos y determinar el valor estimado del tránsito medio diario anual, en zonas rurales.

Este método está dividido en dos partes, una para caminos que tienen un T.M.D.A. de 500 o más vehículos por día y la otra, para aquellas rutas que poseen un volumen de tránsito medio diario anual comprendido entre 25 y 500 vehículos.

B-1. CAMINOS CON UN T.M.D.A. IGUAL O MAYOR DE 500 VEHICULOS

Tal como se manifiesta en la guía para el conteo de tránsito, los

anteriores procedimientos establecidos para llevarlos a cabo, como parte de un amplio plan de planificación vial y que han sido modificados por distintos Estados para adecuarlos a sus necesidades, han producido resultados muy útiles.

En más de treinta Estados, en los cuales se han medido los errores de las estimaciones del T.M.D.A., se ha encontrado que las desviaciones standard de esos errores variaban en un rango comprendido entre 12% y el 17%, para aquellos caminos que tenían un tránsito medio diario anual de 500 vehículos o más.

Como resultado de un estudio teórico, la investigación y un amplio plan de aplicaciones prácticas en el terreno, se ha desarrollado un procedimiento básico, el cual reduce la desviación standard de los errores a un valor del 10%, para esos caminos de más de 500 vehículos por día, con un costo menor que aquel requerido para los métodos empleados hasta entonces.

El procedimiento que aconseja PETROFF, para estos caminos de altos volúmenes, puede ser dividido en tres etapas fundamentales:

1. Formación de grupos, con aquellas estaciones censales permanentes o contínuas que presentan variaciones mensuales del flujo de tránsito, similares.
2. Asignación de las secciones de caminos, a los distintos grupo con variaciones mensuales similares.
3. Ubicación y operación de las estaciones de conteo.

Veamos pues como se desarrollan estas tres etapas:

1. FORMACION DE GRUPOS CON AQUELLAS ESTACIONES CENSALES PERMANENTES QUE PRESENTAN VARIACIONES MENSUALES DEL FLUJO DE TRANSITO SIMILARES.

La premisa fundamental del procedimiento sugerido, para caminos con altos volúmenes de tránsito, consiste en la determinación de una serie de rutas con tramos sucesivos, que tengan - similares variaciones mensuales de tránsito.

Los tramos de rutas que presentan esta característica, pueden ser concentradas en un área particular, pudiendo encontrarse, rutas que presenten distintas características en la zona que se está estudiando.

Estas rutas que presentan similares variaciones mensuales del flujo de tránsito, proporcionan la base para efectuar el ajuste de los conteos de cobertura que se realicen a lo largo de la misma. Esos conteos de cobertura o sumarios se expanden - para la determinación del T.M.D.A. respectivo, mediante la aplicación de un factor promedio del grupo, que ha sido determinado para la sección o tramo de la ruta en la cual se ha - efectuado el censo de cobertura.

Este simple procedimiento de búsqueda de las estaciones de - conteo permanente, con variaciones mensuales de tránsito similares es denominado por la F.H.W.A. como el "método de los ordenamientos" y en la ya mencionada guía se lo describe e ilustra como se indica a continuación.

Es de hacer notar que en el ejemplo que se desarrolla, se supone que los conteos de cobertura son realizados solamente durante el período de abril hasta noviembre -primavera, verano y otoño en los EE.UU.-, por lo tanto los factores de ajuste -

para las estaciones de cobertura, son los necesarios únicamente para ese período. En el caso que se realicen censos de cobertura durante todo el año, habrá que calcular los factores mensuales de ajuste para los 12 meses.

- a) Deben determinarse, como primer paso, los factores mensuales de ajuste para cada una de las estaciones de conteos permanentes.

Estos factores mensuales de ajuste, se determinan dividiendo el tránsito medio diario anual por el tránsito medio diario mensual de días laborables, correspondiente a cada estación.

$\frac{TMDA}{TMDM}$

En la tabla de la figura 26, se indican los factores mensuales de ajuste correspondientes a 12 estaciones censales permanentes, designadas alfabéticamente desde la A hasta la L. Es de hacer notar que la ubicación de estas estaciones censales permanentes no han sido designadas o numeradas, siguiendo un orden particular.

- b) Obtenidos esos factores mensuales de ajuste, se los ordena, para cada mes, en orden creciente, es decir de menor a mayor, tal como se indica en la tabla de la figura 27.
- c) Para cada mes se determina un grupo de estaciones, de manera tal que la diferencia entre el factor mensual más pequeño y el mayor, no sea superior a 0,20.

Esta premisa se basa en el criterio de tener una diferencia entre los valores extremos y la media del grupo, no mayor de 0,10 en más o en menos.

Es de hacer notar que este valor de $\pm 0,10$ no debe ser confundido con la desviación standard del $\pm 10\%$ en el error de la estimación del T.M.D.A. El criterio de adoptar esta diferencia de $0,10$, se basa en que la misma produce una parte del valor de esa desviación standard, mientras que el resto, para llegar al 10% es atribuible al error de la muestra.

Sin dudas es posible determinar, para cada mes, varios grupos de estaciones, cuyos factores mensuales de ajuste, cumplan con esta condición; pero lo que corresponde hacer, es determinar aquel grupo que posea el mayor número de estaciones posible que caigan dentro de ese rango de $0,20$.

Una vez determinado el grupo, se lo separa mediante líneas horizontales, tal como se indica en la figura 27.

Como ejemplo de esto puede verse que para el mes de abril - el grupo de factores desde $1,00$ hasta $1,19$, incluye diez estaciones, en cambio si el agrupamiento se hubiera efectuado con las estaciones que tienen $1,19$ hasta $1,38$, solamente se habrían agrupado tres estaciones.

Por otra parte es de hacer notar que las estaciones con factores mensuales de ajuste, ubicados fuera de los trazos horizontales, pueden constituir, en muchas oportunidades, grupos independientes, con menor número de estaciones.

- d) Una vez realizado el procedimiento descrito precedentemente, se procede a determinar el agrupamiento final de las estaciones de conteo permanentes. Este agrupamiento final debe ser tal que todas, o la mayor cantidad posible de las mismas estaciones hayan caído en el mismo grupo, en cada uno de los meses.

Teniendo en cuenta esta premisa, puede observarse que las - estaciones C, D y E, están dentro del grupo con un rango de 0,20, en el mes de abril, únicamente, y que en ninguno de - los otros meses se las encuentra en los grupos determinados para cada uno de ellos.

Esto puede ser visto mejor a través del siguiente ejemplo: la estación E, en el mes de agosto tiene un factor mensual de ajuste de 0,93, que está fuera del rango 0,64 - 0,76. El factor correspondiente para la misma estación, al mes de - julio, también está fuera del rango 0,66 - 0,86.

La tabla de la figura 28 presenta el agrupamiento final en tres grupos, obtenidos siguiendo el procedimiento descripto.

Antes de continuar deben efectuarse algunas observaciones, - vinculadas con la inclusión de dos estaciones en el GRUPO I.

En efecto, puede observarse en la tabla de la figura 28, que en el GRUPO I, en el mes de noviembre, se ha incluido la estación L, que tiene para ese mes un factor de 1,36 el cual - está fuera del rango 1,10 - 1,30. Esto obedece a que después de haberse realizado una investigación minuciosa, sobre los antecedentes acerca de los factores de dicha estación para el mes de noviembre, se encontró que la disminución del - tránsito en ese puesto censal se debió a que, en el tramo en el cual está ubicada, se realizaron una serie de obras viales, que determinaron la mencionada disminución del volumen de tránsito.

Por otra parte, esa misma investigación reveló que en años anteriores, el factor mensual de esa estación L, para el -

Esto se debe a que, por norma general, las variaciones del tránsito correspondientes a los días sábados y domingos, resultan mayores que las de los días comunes de semana, razón por la cual los valores estimados del T.M.D.A., basados en datos que incluyan el tránsito de esos días de fin de semana, tendrían una menor exactitud.

Volviendo a los valores dados en la tabla de la figura 28, se hace necesario efectuar algunas observaciones.

Ya se han dado las razones por las cuales se ha incluido la estación L en el GRUPO I. Sin embargo, debido a los motivos que originaron el alto factor mensual de dicha estación, en el mes de noviembre, el mismo no fue tenido en cuenta para efectuar el promedio de los factores correspondientes a dicho mes. Por lo tanto solo se utilizaron los seis factores restantes.

En cambio para el mes de junio, se emplearon los siete factores correspondientes, para el cálculo del factor promedio, ya que, como se dijo anteriormente, la exclusión de la estación H o de la J, muy poco hubiere alterado el valor de 0,88 determinado como factor promedio.

Solamente, en casos excepcionales y debidamente justificados, como los indicados para las estaciones H, J y L, se puede admitir una ligera desviación a la norma impuesta del rango de 0,20.

Cuando se dispone de un equipo de computación, el agrupamiento de estaciones, podría ser realizado en forma separada para cada mes. Esto significaría que el número de grupos variaría mes a mes. Por ejemplo, en la tabla de la figura 27,

puede observarse que habría solamente un grupo en el mes de octubre; solo dos grupos en abril, mayo, junio, septiembre y noviembre y mediante un reordenamiento del procedimiento de agrupamiento, podrían también obtenerse dos grupos en julio y agosto.

2. ASIGNACION DE LAS SECCIONES DE CAMINOS, A LOS DISTINTOS GRUPOS CON VARIACIONES MENSUALES DE TRANSITO SIMILARES

En la aplicación práctica de este procedimiento y para una mejor identificación, se asigna un determinado color a cada uno de los grupos que se han determinado y sobre un mapa se pinta cada tramo de ruta, según el grupo al cual ha sido asignada. Sobre el mismo mapa se identifica la ubicación de cada una de las estaciones censales que operan en la zona, tal como se ilustra en la figura 30.

Corrientemente las estaciones censales pertenecientes a un mismo grupo, están ubicadas a lo largo de una o varias rutas continuas y por lo tanto se unen dichas rutas, que pertenecen a un mismo grupo.

Cuando la determinación de los grupos ha sido hecha en forma separada para cada mes, se deberá utilizar un mapa diferente para cada uno de éstos.

No siempre es posible disponer de un número suficiente de estaciones permanentes que permitan asignar todos los tramos de caminos de una zona, a los distintos grupos que se han determinado.

En este caso, normal por otra parte, la situación se resuelve clasificando los tramos, que no han podido ser asignados a los grupos determinados por las estaciones permanentes, mediante los

datos proporcionados por las estaciones de control estacional, - que operan en la zona, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

- o
o
- a) Calcúlase para cada estación de control, la relación entre el T.M.D.A. estimado para la misma y el promedio del tránsito ~~semanal~~ de días hábiles del mes, excluyendo los días festivos que hubiere en el mismo.

Los factores correspondientes a cada una de las 39 estaciones de control estacional, ubicadas en el ejemplo, están dados en la tabla de la figura 31.

El procedimiento seguido para la confección de esta tabla - es el mismo que el empleado para los valores dados en la tabla de la figura 26.

- b) Los factores mensuales correspondientes a las estaciones de control estacional, deben ser ordenados en forma creciente, de menor a mayor, para cada uno de los meses, de la misma forma en que se hizo con las estaciones permanentes. Este ordenamiento se ilustra en la tabla de la figura 32.

- c) Efectuado este ordenamiento, se compara cada uno de los factores mensuales de las estaciones de control, con el factor medio mensual del grupo correspondiente a las estaciones permanentes.

Esta comparación sirve para asignar cada estación de control a uno de los grupos previamente determinados.

El procedimiento de asignación consiste en comparar los factores mensuales de cada estación de control con el correspondiente factor medio del grupo y hallar la diferencia entre ambos valores. Si esta diferencia, en valor absoluto, es igual o menor que 0,15, la estación de control pertenece

al grupo con el cual se la está comparando. En caso contrario, se efectúa idéntico procedimiento con los factores mensuales promedio, de otro grupo.

El resultado de la asignación a los tres grupos determinados, para las estaciones permanentes, de las 39 estaciones de control estacional, se muestra en la tabla de la figura 33.

El criterio seguido para asignar una estación de control a un determinado grupo, cuando la diferencia entre los factores respectivos es, en valor absoluto, de 0,15, se basa en que los datos proporcionados por las estaciones de control, son muestreos del tránsito medio diario mensual y no como en las estaciones permanentes, en las cuales este valor, se obtiene con los datos correspondientes a todos los días del mes.

Un ejemplo que ilustra el procedimiento para la asignación de una estación de control a un determinado grupo se muestra en la tabla de la figura 34.

En ella se han indicado los factores mensuales promedio, correspondientes al GRUPO I y los respectivos factores mensuales, correspondientes a las estaciones de control N° 5 y N° 23. Para el primero de los casos, se puede observar que en todos los meses el valor absoluto de la diferencia es menor que 0,15, cosa que no ocurre con los factores mensuales de la estación de control N° 23. Por lo tanto, de acuerdo con esos resultados, se puede afirmar que la estación de control N° 5 pertenece al GRUPO I, mientras que la estación de control N° 23, debe ser comparada con los factores de otro grupo.

10,25
Un método más exacto para la asignación de las estaciones de control estacional a un grupo determinado, resulta ser la aplicación del método de los "cuadrados mínimos".

Este método está ilustrado en la tabla de la figura 35.

En el ejemplo dado debe dejarse aclarado que en las columnas denominadas d1 y d3, la diferencia entre los factores de la estación 8 y los factores medios de los grupos 1 y 3, están dentro del criterio $\pm 0,15$ de variación permitida. De acuerdo con ello, la estación 8 podría ser ubicada indistintamente en el grupo 1 o en el grupo 3.

Sin embargo la suma de los cuadrados de los valores de d1 es igual a 0,0378, mientras que la suma de los cuadrados de los valores de d3 es igual a 0,0482. Por lo tanto, debido a que la suma de los cuadrados de d1 es menor que la de los d3, la estación 8 debe ser asignada al GRUPO I. Este método de asignar las estaciones de control estacional a los distintos grupos, es particularmente útil, cuando los datos son procesados en computadora.

Sin embargo, la decisión final de asignar una estación de control estacional que pudiera caer en más de un grupo, debe ser tomada después de analizar la ubicación de dicha estación en el mapa. La continuidad de las secciones de caminos pertenecientes a un determinado grupo, es el factor determinante de la forma de agrupar o asignar dicha estación. En tal situación, el agrupamiento de secciones similares de caminos, deberá ser mantenida, tanto como sea posible.

- d) Una vez determinado a que grupo pertenece cada estación censal de control, debe indicarse sobre el mapa la ubicación de cada una de ellas, utilizando para realizarlo, el color asignado al grupo al cual pertenece la estación.

Muchas de las estaciones de control, estarán ubicadas en los mismos tramos en que están las estaciones permanentes y en consecuencia, tendrán las mismas variaciones de tránsito,

que fueran previamente determinadas para estas últimas y esto permitirá verificar la asignación de los tramos de caminos en los cuales las primeras están funcionando.

En cambio, otras estaciones de control, proveerán la información necesaria para ubicar aquellas secciones de camino, para las cuales no existe información alguna proporcionada por las estaciones permanentes.

Podrá suceder que las variaciones de los volúmenes de tránsito que se experimenta en algunas estaciones de control, no responda a ninguna de las previamente determinadas para las estaciones censales permanentes, o sea que no pueden ser asignadas en ninguno de los grupos.

En el caso que nos ocupa, este tipo de estaciones están indicadas al final de la tabla de la figura 33.

- e) En el caso en que no se dispusiera de ninguna estación censal de control, para poder efectuar las asignaciones de algunos tramos, a sus respectivos grupos, será necesario emplazar dicho tipo de estaciones, durante un año por lo menos, a fin de hacer posible aquellas asignaciones.

Las estaciones de control estacional que no puedan ser ubicadas en ninguno de los grupos determinados, deben ser examinadas muy cuidadosamente.

Efectuando esos análisis, en muchos casos pudo comprobarse que, en varias estaciones de control, las variaciones del flujo de tránsito, en la mayoría de los meses, se correspondían con las de un grupo de estaciones permanentes. El procedimiento a seguir en tales casos, consiste en examinar los registros correspondientes a varios años anteriores y compararlos entre sí, con el propósito de

determinar si las discrepancias que aparecen en algunos meses, es un hecho individual, o se repitió a través del tiempo. Este procedimiento fue empleado y comentado cuando se trató de la inclusión de la estación permanente L en el GRUPO I.

Cuando se dispone de suficiente información correspondiente a varios años anteriores, con respecto al cual se realiza la asignación de las carreteras, el procedimiento a seguir para agrupar las distintas estaciones censales permanentes, como así también las de control, cuando esto sea necesario, será el mismo que el descrito precedentemente. Pero en estos casos y aprovechando esa información disponible, resultará muy conveniente, repetir el proceso de agrupamiento, con los datos correspondientes a los dos o tres años anteriores. Es decir que se deberían hacer dos o tres agrupamientos.

Debido al hecho comprobado, de que las variaciones del flujo de tránsito y por ende los factores mensuales, de cada estación permanente, se mantienen constantes a través de los años, puede esperarse con gran probabilidad que la gran mayoría de los tramos de carreteras pertenecerán a los mismos grupos de estaciones censales con variaciones mensuales similares, año tras año.

Esta aseveración ha sido comprobada por el autor de este procedimiento, al estudiar los datos de los censos de tránsito realizados en un Estado, durante cuatro años consecutivos. Como resultado del estudio realizado pudo comprobarse que el 94% de las secciones de caminos, permanecían en los mismos grupos, mientras que solo el 6% debió ser reubicado.

Corrientemente los cambios en las variaciones mensuales de los grupos, pueden ser determinadas visualmente una vez que las estaciones de control hayan sido ubicadas en los mapas, empleando

el símbolo o color que identifica al grupo al cual pertenece cada estación de control.

Sin embargo pueden existir una serie de situaciones en las cuales no pueda ser determinado con facilidad el punto de camino, en el cual se produce un cambio en esas variaciones mensuales, tal como puede, probablemente, ocurrir en las proximidades de un área urbana. En estos casos, la indeterminación puede ser resuelta mediante la instalación de estaciones de control estacional, adicionales a las existentes, con el propósito de determinar el verdadero punto de cambio en las variaciones mensuales.

Un ejemplo de esta solución puede apreciarse en forma gráfica, en el área rural existente en la parte inferior de la figura 30. En dicha zona, la ruta ha sido asignada al GRUPO I, basándose en los datos proporcionados por las estaciones permanentes B y G.

Sin embargo, en un comienzo, no se tenía la certeza que todas las secciones de esa ruta pertenecieran realmente al grupo asignado, fundamentalmente por la presencia del área urbana de Frazer, ubicada entre ambas estaciones.

Para resolver este problema se ha tenido en cuenta que en todo programa de largo alcance, de asignación de secciones de caminos a determinados grupos, es necesario verificar las hipótesis de asignación adoptadas, mediante el establecimiento de estaciones de control estacional adicionales y, en consecuencia, en el caso que nos ocupa, se han instalado las estaciones de control estacional 32, 33, 34, 37 y 39, cuyos datos corroboraron la suposición originalmente establecida, de que todos los tramos de esa carretera pertenecen al GRUPO I.

La experiencia ha demostrado la aplicabilidad de la teoría de las configuraciones, la cual establece que, en la mayoría de los ca-

2

Los, las estaciones de control estacional, se ubican dentro de los grupos previamente determinados mediante los datos proporcionados por las estaciones censales permanentes.

Así como en el ejemplo dado recientemente, se comprobó que no se había producido un cambio de grupo, en la guía de la F.H.W.A. se da otro ejemplo, en el cual sí se produce este cambio de grupo para las carreteras que llegan a la localidad de Richardsville, en las cuales se han colocado las estaciones de control 19 y 31, tal como se ilustra en la figura 30.

En torno a la situación de ambas estaciones de control, surgen dos clases de preguntas que formular. Una de ellas concierne a la forma en que se asignarán los tramos comprendidos entre Richardsville y Frazer, mientras que la otra es acerca de como se asignará el camino ubicado al oeste de Richardsville, de acuerdo con las variaciones del flujo de tránsito dadas por la estación de control N° 19.

Los datos provenientes de la estación de control 31, indicaron que la asignación previa que se había efectuado de la carretera entre Richardsville y Frazer, al GRUPO I, era correcta. Por otra parte analizando los datos correspondientes a las estaciones de control 16, 17 y 18, emplazadas en los tramos ubicados al oeste de Richardsville, se comprobó que tenían variaciones similares a las experimentadas en la estación 19, razón por la cual se incluyeron esos tramos en el mismo grupo de la estación 19.

Después de haberse efectuado el procedimiento descrito, para el agrupamiento de las secciones de camino con más de 500 vehículos por día, tal como puede verse en la figura 30, pueden quedar tramos de caminos sin asignar. En general estos tramos presentan variaciones mensuales de tránsito que difieren radicalmente de aquellas que presentan los grupos que se han formado.

Normalmente esos tramos pertenecen a caminos que conducen a zonas de descanso y recreacionales. Las secciones de caminos que presentan ese tipo de variaciones tan distintas, son de corta extensión y en consecuencia con el emplazamiento de una estación censal permanente o una de control estacional, adecuadamente ubicada, se pueden obtener los datos requeridos para determinar los factores de ajuste para tales tramos.

La manera de planificar los censos volumétricos de tránsito, dada en la guía de la F.H.W.A., está basada en dos características fundamentales, que han sido determinadas y comprobadas en estudios realizados por el Ing. PETROFF y que son las siguientes:

1. Las formas de las variaciones mensuales del flujo de tránsito persisten a lo largo de los distintos tramos continuos de una ruta.
2. Las formas de las variaciones mensuales del flujo de tránsito se mantienen constantes sobre largos períodos de tiempo.

Por otra parte, resulta lógico suponer que en los puntos intermedios de una determinada ruta, las variaciones mensuales que en ellos se registren, sean similares a aquellas establecidas por las estaciones permanentes ubicadas en las rutas pertenecientes a su mismo grupo. En consecuencia, cada factor promedio de grupo, podría ser aplicado a los valores proporcionados por las estaciones de cobertura, ubicadas en los distintos tramos de las carreteras pertenecientes a cada grupo.

Así por ejemplo, en la figura 30, todas las estaciones de cobertura, que funcionaron durante el mes de mayo, en los tramos de caminos pertenecientes al GRUPO I, deberán utilizar el factor 0,97 - (véase tabla de la figura 30). De esta forma, se obtendrán como -

resultado, valores estimados del T.M.D.A., con una desviación standard de los mismos, que no excede el 10% en más o en menos.

3. UBICACION Y OPERACION DE LAS ESTACIONES DE CONTEO DE TRANSITO

A. Estaciones censales de conteo permanente o continúa

Después que todas las secciones de caminos, de la zona rural, hayan sido ubicadas en cada uno de los grupos que poseen variaciones de tránsito similares, podría resultar posible y de gran utilidad eliminar o reubicar algunas estaciones de conteo permanentes.

Sin embargo esta decisión debería tomarse luego de efectuar un examen cuidadoso de los propósitos a los cuales sirve la estación que se piensa eliminar o reubicar.

Las consideraciones a tener en cuenta en dicho exámen deberán incluir lo siguiente:

- a) Las estaciones de conteo permanente, además de proporcionar los factores de ajuste para expandir los resultados de los conteos de cobertura, son utilizadas también para determinar las tendencias del flujo de tránsito dentro de un plan de largo alcance aplicado a una zona en particular.
- b) Puede ser que sea necesario para fines específicos del ente vial, determinar con exactitud las variaciones de los volúmenes de tránsito durante la hora pico, en una estación determinada.
- c) Puede resultar necesario disponer de cualquier otra información local y específica que proporcione la estación permanente.

- d) Aquellas secciones de caminos para las cuales no se dispone de datos, merecen ser analizadas con relación a sus volúmenes de tránsito, mediante la instalación de estaciones de conteos. En estos casos debe preverse, en esos tramos, la instalación de estaciones de conteo, ya sea permanentes o de control, de manera tal que en los años futuros, permitan efectuar una adecuada clasificación por grupos de esos tramos.

Para el caso en que se decida operar estaciones de control estacional, cada uno de los conteos que se realicen a lo largo del año, deberían ser de una semana de duración.

- e) Puede que resulte conveniente mantener la ubicación de una estación permanente, particularmente en aquellos casos en los que se desee estudiar la evolución del tránsito a través de los años futuros.
- f) Como norma general, debe tenerse en cuenta que, por lo menos, deben mantenerse en operación un mínimo de cuatro estaciones de conteo permanente, en cada uno de los grupos de secciones de caminos que posean variaciones de tránsito mensuales similares.

B. Estaciones censales de control estacional

Una vez que todos los tramos de caminos han sido agrupados, siguiendo los procedimientos descriptos, la mayoría o todas las estaciones de control estacional pueden ser eliminadas.

Cuando existan razones para creer que en una sección particular de una ruta, pudiera existir alguna modificación en las curvas de variaciones mensuales estacionales, deberá em

plazarse en dicho tramo, una estación de control o mejor una estación permanente, a los efectos de determinar los mencionados cambios.

C. Estaciones censales de cobertura

1. La mayoría de los valores relativos al T.M.D.A. son provenientes de los datos proporcionados por las estaciones censales de cobertura, dado que éstas son las que se emplean con más frecuencia y en mayor número, donde quiera que sea necesario obtener una información específica con respecto a los volúmenes de tránsito.

En un amplio estudio de tránsito, se requiere contar con una adecuada información para cada sección de camino comprendida entre dos intersecciones. Para lograr esta información, es teóricamente necesario efectuar conteos de tránsito en intersecciones alternadas.

Sin embargo, los datos recogidos en las estaciones de conteo de cobertura, solo representan una muestra del total del tránsito y por lo tanto los valores estimados del T.M.D.A. obtenidos de los datos proporcionados por dichas estaciones están sujetos a errores suficientemente considerables, como para justificar la siguiente regla.

"Ubiquense~~n~~ las estaciones de conteo de cobertura en intersecciones alternadas. Sin embargo puede no ser necesario efectuar esa operación en aquellos casos en que la diferencia de los volúmenes de tránsito, en los tramos sucesivos de caminos considerados, no sea mayor del 10%. También las estaciones de cobertura pueden ser

omitidas o eliminadas, cuando las diferencias - en los volúmenes de tránsito estén igualmente - distribuidas sobre una serie de intersecciones consecutivas. En estos casos, los volúmenes de tránsito de las secciones involucradas, pueden ser estimadas mediante el prorrato de los flujos correspondientes a las secciones de los extremos del tramo en estudio".

2. Las indicaciones siguientes pueden ser utilizadas como una guía para determinar las estaciones censales de cobertura que son necesarias.

- a) Realizar censos de cobertura en intersecciones alternadas, cuando sea necesario o bien de la forma indicada precedentemente.

Este programa de censos de cobertura puede ser realizado en un año o bien durante un período continuo de hasta cinco años. En este caso, en cada año, se cubre un quinto del número total de censos programados.

- b) Si solo se requiere la información relativa al número de vehículos-kilómetros, sería suficiente realizar un menor número de censos, que los indicados precedentemente en el punto a).

Por ejemplo si en una provincia de nuestro país se requiere una información por departamento, de la cantidad de vehículos-kilómetros con un error estándar del 5% respecto a la media; la información requerida puede ser lograda ubicando las estaciones censales de cobertura sucesivas con una separación de 15 km. entre cada una, como promedio.

- c) En general, se requiere un promedio de 25 estaciones censales de cobertura por cada 150 km. de camino. Este promedio dependerá de la topografía de las zonas y de la configuración de la red, pudiendo en consecuencia variarse ese número promedio.

B-2. CAMINOS CON UN T.M.D.A. COMPRENDIDO ENTRE 25 Y 500 VEHICULOS POR DIA

Para aquellos caminos que tienen un tránsito medio diario anual de menos de 500 vehículos por día, la guía del F.H.W.A. emplea un método sustancialmente distinto, a efectos de determinar dicho parámetro, que el utilizado en aquellas rutas con mayores volúmenes de tránsito, dado que los estudios realizados han demostrado que el error standard del valor estimado para el T.M.D.A. es mucho más grande cuando los volúmenes de tránsito son inferiores a los 500 vehículos diarios.

Este hecho está demostrado en la figura 36, obtenida por el ingeniero PETROFF en los estudios realizados por el mismo y publicados en los Proceedings del Highway Research Board del año 1946 con el título "Some Criteria for Scheduling Mechanical Traffic Counts".

1. Funcionamiento de las estaciones censales de control

De acuerdo con las experiencias basadas en el análisis de los datos relacionados con el comportamiento del flujo de tránsito durante varios años, se ha determinado que todas las secciones de caminos que tienen un T.M.D.A. comprendido entre 25 y 500 vehículos diarios, por lo general pueden ser representadas por un único grupo, a fin de calcular los factores mensuales de ajuste, que permitan determinar los valores estimados del T.M.D.A., para los distintos tramos de esos caminos con bajos volúmenes de tránsito.

Partiendo de esta premisa y con el propósito de calcular el valor del T.M.D.A. para dichos caminos, deben seguirse los siguientes pasos:

- La ubicación de las estaciones de conteo permanente debe ser determinada, mediante el empleo de métodos probabilísticos, como ser una distribución al azar.

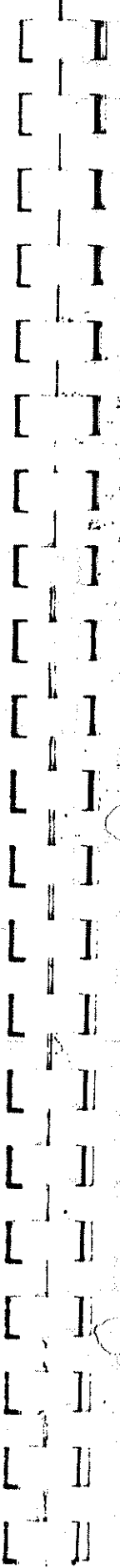
En la mayoría de las zonas o provincias, será suficiente con ubicar cinco o seis estaciones censales permanentes, con el propósito de determinar los factores mensuales promedio de ajuste, para la estimación del T.M.D A. en las estaciones de cobertura.

- Pueden utilizarse estaciones de control estacional en lugar de estaciones de conteo permanente. En el caso de utilizarse este último tipo de estaciones, será suficiente emplazar, tal como se dijera precedentemente, de cinco a seis estaciones censales.

Si se emplearan estaciones de control estacional y las mismas efectuaran un conteo de una semana de duración, todos los meses, también se requerirían de cinco a seis estaciones de control. En cambio si los conteos en cada punto se realizaran en meses alternados, es decir en uno sí y en otro no, el número de estaciones censales de control debería ser duplicado, o sea que se requerirán 10 o 12 estaciones censales.

De manera similar, si los conteos de tránsito en cada estación censal se efectúan cada tres meses, el número de estaciones censales de control estacional, debe ser triplicado.

En estos últimos casos, de conteos en forma alternada, la planificación de éstos debe hacerse de forma tal que en cada mes se realice la mitad o un tercio de los censos en toda la zona o provincia. Dicho en otras palabras, durante todos los meses se deben realizar un número igual de censos.



La ubicación de las estaciones de control, puede ser determinada también mediante el empleo de métodos probabilísticos.

En todos los casos que en una zona o provincia, exista un número suficiente de estaciones censales permanentes, en todos los caminos de bajo volumen de tránsito, cualquiera sea su jurisdicción administrativa, los datos de esas estaciones pueden ser utilizados para obtener los factores de ajuste - promedio, para aquellos caminos con menos de 500 vehículos por día.

Las estaciones censales permanentes así como las de control estacional, no deben, como norma general, emplazarse en aquellos caminos que tengan un tránsito medio diario anual menor de 100 vehículos por día. Los factores de ajuste obtenidos en aquellas secciones de caminos, que tienen entre 100 y 500 vehículos por día, pueden ser aplicados a todas las carreteras de bajo volumen, es decir entre 25 y ~~500~~¹⁰⁰ vehículos diarios.

2. Estaciones de conteo de cobertura

Los procedimientos descriptos para el emplazamiento de las estaciones de cobertura, en aquellos caminos con más de 500 vehículos diarios, pueden ser aplicados sin ningún inconveniente para los caminos de bajo volumen de tránsito.

Una excepción a esta norma o política, es que usualmente las estaciones de conteo de cobertura no se emplazan en caminos con menos de 25 vehículos diarios.

Sin embargo puede resultar no ser necesario ubicar las estaciones de cobertura en intersecciones alternadas, cuando los volúmenes de tránsito no varien en más de un 25%, en aquellas secciones continuas de camino, que se hallan en estudio.

La ubicación de las estaciones de control, puede ser determinada también mediante el empleo de métodos probabilísticos.

En todos los casos que en una zona o provincia, exista un número suficiente de estaciones censales permanentes, en todos los caminos de bajo volumen de tránsito, cualquiera sea su jurisdicción administrativa, los datos de esas estaciones pueden ser utilizados para obtener los factores de ajuste promedio, para aquellos caminos con menos de 500 vehículos por día.

Las estaciones censales permanentes así como las de control estacional, no deben, como norma general, emplazarse en aquellos caminos que tengan un tránsito medio diario anual menor de 100 vehículos por día. Los factores de ajuste obtenidos en aquellas secciones de caminos, que tienen entre 100 y 500 vehículos por día, pueden ser aplicados a todas las carreteras de bajo volumen, es decir entre 25 y 500 vehículos diarios.

2. Estaciones de conteo de cobertura

Los procedimientos descriptos para el emplazamiento de las estaciones de cobertura, en aquellos caminos con más de 500 vehículos diarios, pueden ser aplicados sin ningún inconveniente para los caminos de bajo volumen de tránsito.

Una excepción a esta norma o política, es que usualmente las estaciones de conteo de cobertura no se emplazan en caminos con menos de 25 vehículos diarios.

Sin embargo puede resultar no ser necesario ubicar las estaciones de cobertura en intersecciones alternadas, cuando los volúmenes de tránsito no varien en más de un 25%, en aquellas secciones continuas de camino, que se hallan en estudio.

Este procedimiento es similar al seguido, en aquellos tramos con un T.M.D.A. mayor de 500 vehículos diarios.

Cuando se aplican a los valores dados por las estaciones de cobertura ubicadas en caminos de bajos volúmenes de tránsito, los factores de ajuste obtenidos de las estaciones censales de control estacional, puede esperarse con una gran probabilidad que el 65% de los valores estimados del T.M.D.A., para aquellas estaciones, tengan un error comprendido entre el 20% y 25%. Sin embargo, un mayor grado de exactitud puede ser obtenida para los tramos de caminos que tengan un mayor volumen de tránsito, siempre dentro de aquellos comprendidos en el rango de los 25 a 500 vehículos diarios.

C. CAMINOS CON MENOS DE 25 VEHICULOS POR DIA

Los caminos con volúmenes de tránsito extremadamente bajos, requirerán para la determinación de éstos, otras fuentes de información, tales como: el desarrollo de los cultivos en las zonas por ellos servidos, registros anteriores de tránsito, como así también la aplicación de tasas de crecimiento, esto último, a lo largo de un determinado número de años.

Sin embargo, pueden existir caminos dentro del área en estudio que tengan una gran importancia económica, de manera tal que un volumen de tránsito menor de los 25 vehículos diarios represente una apreciable medida del servicio que presta esa ruta y por lo tanto, ese pequeño volumen debe ser medido de la forma más exacta posible.

En tales casos se hace necesario realizar conteos de tránsito que tengan una duración de por lo menos 48 horas, a fin de lograr un grado de exactitud adecuado, pudiendo en muchos casos requerirse conteos de 5 o 7 días de duración.

Los factores promedio de ajuste, obtenidos de las estaciones de control estacional, utilizados para el cálculo de los T.M.D.A., en aquellos caminos con volúmenes de tránsito comprendidos entre 25 y 500 - vehículos diarios, pueden ser utilizados para determinar el tránsito medio diario anual en los caminos que tengan menos de 25 vehículos - diarios.

En aquellos casos en que la importancia de este último tipo de camino requiera una mayor exactitud, puede justificarse la repetición de los censos de cobertura y en algunos casos hasta puede llegar a ser necesario emplazar estaciones censales permanentes, para lograr el grado de exactitud deseado.

D. FACTORES DE AJUSTE

1. El factor promedio del grupo, que no es otra cosa que la media - de las relaciones entre el T.M.D.A. y los tránsitos medios diarios mensuales, de días laborables, de cada una de las estaciones censales permanentes de cada grupo, constituye el factor de ajuste, que será aplicado tanto a los resultados de los conteos de cobertura de 24 horas de duración, como al promedio diario de las muestras tomadas en censos de 48 o 72 horas ininterrumpidas, efectuados todos ellos en días laborables.

En el caso de poder utilizar un equipo de procesamiento electrónico de datos, pueden ser empleados, en lugar de los factores de ajuste mensuales, los factores de ajuste semanal.

Estos factores de ajuste semanal, son el promedio de los cocientes entre el T.M.D.A. y el tránsito medio diario semanal, de días hábiles, de cada estación permanente.

Más aún, disponiendo de una computadora podría llegar a utilizarse un factor de ajuste para cada día de la semana, aunque esto.

sin embargo, no proporciona una mayor exactitud en los resultados.

Para todos los datos provenientes de los conteos de coberturas, efectuados en las secciones de caminos que han sido asignados a un determinado grupo, con variaciones mensuales de tránsito similares, se aplica el factor promedio mensual de ajuste del grupo.

Este factor promedio mensual de ajuste se determina, como se ha visto, en forma separada para cada grupo de estaciones censales permanentes o de control estacional. El empleo de este factor promedio mensual de ajuste, puede ejemplificarse de la siguiente manera:

"En una sección de camino, perteneciente al GRUPO I, se ha realizado un censo de cobertura de 48 horas de duración, en el mes de septiembre. El registro total de vehículos, dado por ese censo fue de 4.286 vehículos. La media para las 24 horas será por lo tanto de 2.143 vehículos por día. De la tabla de la figura 29, el factor promedio de ajuste para el mes de septiembre, correspondiente al GRUPO I, es de 0,89. El valor estimado del T.M.D.A. para esa estación de cobertura es de: $2143 \times 0,89 = 1.907$ vehículos por día"

2. En aquellos casos en que la duración de un censo de cobertura se extiende a los siete días de la semana, puede ser aplicado un adecuado factor de ajuste especial, determinado por el cociente de dividir el T.M.D.A. por el tránsito medio diario del día promedio del mes o de la semana. Naturalmente, esto dependerá si se utilizan factores de ajuste mensuales o semanales.

Tanto en la primavera como en el otoño de los EE.UU. y para muchos estados de ese país, se ha determinado la existencia de un

período de cuatro semanas, en cada una de esas estaciones, en las cuales el volumen de tránsito de un día común de semana, difiere del T.M.D.A. de la misma estación, en una desviación standard de menos del 10% y por lo tanto ese conteo de 24 horas puede ser considerado una buena estimación del T.M.D.A. sin necesidad de efectuar ningún ajuste.

Sin embargo dada la exactitud del método propuesto, comparado con la obtenida con la utilización de esa característica del tránsito en la guía del F.H.W.A., no se recomienda efectuar un uso intensivo de la misma, dado que no resulta ni práctico ni económico, disponer de un gran número de personal a fin de realizar todos los censos de cobertura en esos dos períodos de cuatro semanas.

En caso de emplearse este procedimiento, debe prestarse un especial cuidado, en la selección de ambos períodos de cuatro semanas, en las cuales el volumen del tránsito diario, difiere muy poco del valor del T.M.D.A. dado que los volúmenes pueden manifestar cierta variación año tras año y de una estación censal a otra.

La F.H.W.A. recomienda como lo más correcto, efectuar conteos de cobertura, por un período de siete o más meses consecutivos y en algunas zonas, durante todo el año.

Los factores de ajuste mensuales obtenidos con los datos proporcionados por las estaciones censales permanentes, ubicadas en las áreas rurales, son aplicados, de hecho, a todas las secciones de caminos de ese tipo, es decir rurales. En el caso de las secciones suburbanas de un camino, lo deseable sería, determinar dichos factores partiendo de los datos proporcionados, ya sea por las estaciones permanentes o por las de control estacional ubicadas en esas áreas.

Pero hasta que se disponga de ese tipo de información, resulta -
adecuado promediar los factores obtenidos para las áreas rurales,
con aquellos de la ciudad a la cual pertenece el área suburbana
y aplicar ese promedio como factor de ajuste. *pero se usa*
este como

Se ha comprobado que generalmente las variaciones mensuales del
flujo de tránsito, que se experimentan en las áreas suburbanas,
son bastantes parecidas a las de las ciudades, habiéndose deter-
minado también, que en las ciudades dichas variaciones son mucho
más pequeñas que las acaecidas en las zonas rurales y por lo tan-
to, en las ciudades, los factores mensuales, se aproximan más a
la unidad en cada uno de los meses.

En consecuencia, se deduce que las variaciones mensuales del flu-
jo de tránsito en los caminos suburbanos, son más pequeñas que -
en los rurales, razón por la cual, se justifica emplear un factor
promedio para el ajuste de los datos de las estaciones de cobar-
tura.

E. ANALISIS DE LOS DATOS

1. Control de los registros

a) Control manual

Cada información procedente del terreno, debe ser minuciosamente
examinada en las oficinas y todas las anotaciones y aclaraciones
deben ser cuidadosamente leídas y registradas.

De esta forma se eliminarán todos aquellos censos que obviamente
no resulten satisfactorios. Todos los conteos para los cuales -
existan indicaciones de que fueron realizados en circunstancias
anormales, no deben ser utilizados en los cálculos.

Por otra parte los resultados de cada censo deben ser comparados,
con los registros del año anterior de la misma estación y si am-

Los valores difieren en un 30% o más, para aquellos caminos con más de 500 vehículos diarios, no deben utilizarse las cifras del último censo, a menos que dicha diferencia esté plenamente justificada, mediante el conocimiento de los cambios producidos en la zona en la cual se efectuó el conteo.

Los censos cuyos valores difieren entre un 20 y un 30%, respecto a los del año anterior, pueden ser empleados, pero con la condición de que todas las secciones del camino, en las cuales se han realizado dichos censos, estén sometidas a un muy cuidadoso examen.

Para aquellos caminos que tienen un T.M.D.A. menor de 500 vehículos diarios, los conteos que difieran en un 60% o más, respecto a los del año anterior, no deben ser considerados y cuando esa diferencia esté comprendida entre el 40 y el 60%, los mismos pueden emplearse en la medida en que se tenga la seguridad de que hayan sido efectuados correctamente.

b) Control mediante el empleo de computadoras

En aquellos casos en que se disponga de un equipo de procesamiento electrónico de datos, como así también de personal con conocimiento de los métodos estadísticos, puede realizarse un adecuado control de los datos de los censos siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Utilizando todos los datos históricos disponibles, para cada estación censal, se calcularán la relación entre el T.M.D.A. y el respectivo año, empleando las técnicas de la regresión.
2. Aplicando los coeficientes de regresión, a los datos que se consideran, se determinará la diferencia entre el valor ob-

tenido por la función y el dato proporcionado por el contador.

3. Si esta diferencia es menor que la desviación estándar del error del valor estimado del T.M.D.A., el conteo puede ser aceptado. En cambio si la diferencia fuese mayor, el conteo bajo análisis debe ser sometido a una minuciosa investigación. La decisión final acerca si se acepta o se rechaza dicho conteo, debe estar basada en los resultados de dicha investigación.

Todos los pasos descriptos precedentemente pueden ser realizados mediante el empleo de una computadora, excepto la decisión final de aceptar o no el resultado del censo, pues esto es el producto de la investigación que realice el personal afectado a las tareas de control. Este análisis, por otra parte, requiere una comprobación de los datos, efectuada tanto en el terreno como en la oficina, como así también un nuevo censo o una investigación que permita determinar la causa de un excepcional cambio en los valores del censo de tránsito.

2. Procesamiento electrónico

El uso de las tarjetas perforadas y el procesamiento electrónico de los datos, es un procedimiento aconsejable para efectuar un adecuado análisis de los datos, con posterioridad al control antes descripto.

La selección del factor mensual de ajuste y la aplicación del mismo a los resultados de los censos, también puede ser realizado por los equipos de computación, los cuales pueden también ser empleados para mejorar en algo la exactitud de los resultados, dado que de contar con aquellos, pueden emplearse factores de ajuste semanal o diarios, sin que se produzca un costo adicional apreciable.

Ajuste final (Smoothing out)

Después que todos los censos de cobertura hayan sido procesados y calculados los correspondientes valores estimados del T.M.D.A., puede esperarse con una razonable probabilidad, que el 68% de esos valores del T.M.D.A., tengan errores no mayores del 10%, para aquellos caminos con más de 500 vehículos diarios y no mayores del 20% en los caminos de bajo volúmenes.

Resulta usualmente necesario que, después de haber determinado todos los valores del T.M.D.A., se haga necesario efectuar un ajuste de los mismos, en todas las secciones adyacentes del camino.

Este proceso de ajuste se realiza de la siguiente forma:

- a) Análizese o grafíquese en un mapa para cada sección de camino, los valores estimados del T.M.D.A.
- b) Luego, debe analizarse cada sección de camino, comparándolo con las secciones adyacentes, teniendo presente las influencias que sobre el tránsito, de la sección en estudio, ejercen las poblaciones y las intersecciones con otros caminos.
- c) Si la diferencia, entre los volúmenes de tránsito en dos secciones consecutivas de un camino, resulta ser muy grande como para ser justificada por las circunstancias puntualizadas anteriormente en el punto b), el volumen de tránsito debe ser ajustado a fin de lograr una más lógica distribución de esos valores, basados en la experiencia.

Este ajuste puede ser llevado a cabo, ya sea incrementando o disminuyendo el valor del T.M.D.A., en una o en ambas estaciones censales.

- d) El proceso de ajuste final, puede ser también efectuado teniendo en cuenta los volúmenes de tránsito de las secciones más alejadas de la inmediata a la sección en estudio.

Este proceso final de ajuste tiende a incrementar la exactitud de los valores estimados del T.M.D.A. En la evaluación final - acerca del error cometido en el cálculo de los volúmenes de tránsito medio diario anual, es posible que los dos tercios de los valores estimados prácticamente tengan un error no mayor del 5%, para aquellos caminos con altos volúmenes de tránsito y no mayor del 10% en los de bajo volumen, como así también que el 50% de los valores estimados del T.M.D.A., no tengan un error mayor del 10% y 20% para los caminos de altos y bajos volúmenes de tránsito respectivamente.

Algunos de los razonamientos que avalan la mencionada afirmación son los siguientes:

1. En el examen de las secciones de caminos, sucesivas, un cambio rápido e inexplicable, en los volúmenes de tránsito, es fácilmente detectado y eliminado.
2. La comparación con los datos históricos permiten que un gran cambio en los volúmenes de tránsito, que no pueda ser correctamente justificado, sea eliminado.
3. La eliminación de los grandes errores, de los valores estimados, que resultan por sí mismos obvios, reduce el error - promedio de los restantes valores estimados.
4. Incremento de la exactitud obtenida

Un mayor grado de exactitud en los valores estimados del T.M.D.A. puede ser logrado como sigue:

- a) Utilizando factores de ajuste semanales, en lugar de factores mensuales, siguiendo el procedimiento descripto previamente en el punto "Procesamiento electrónico".
- b) Efectuando una repetición de los censos de cobertura, tal como se indicó, cuando se trató el tema de los caminos con menos de 25 vehículos diarios.
- c) Realizando censos de cobertura de mayor duración tales como aquellos de 5 o 7 días, según se expusiera al tratar la realización de censos en caminos con menos de 25 vehículos diarios.

La aplicación de estos tres procedimientos permitirá obtener un incremento en la exactitud de los valores estimados del T.M.D.A.

Sin embargo, no resulta conveniente hacer un uso generalizado de esos procedimientos y solo debe aplicárselos en casos especiales y aislados, en los cuales se requiera una mayor precisión en los datos, debido al notable incremento de los costos que pueden llegar a provocar la práctica intensiva de los mismos.

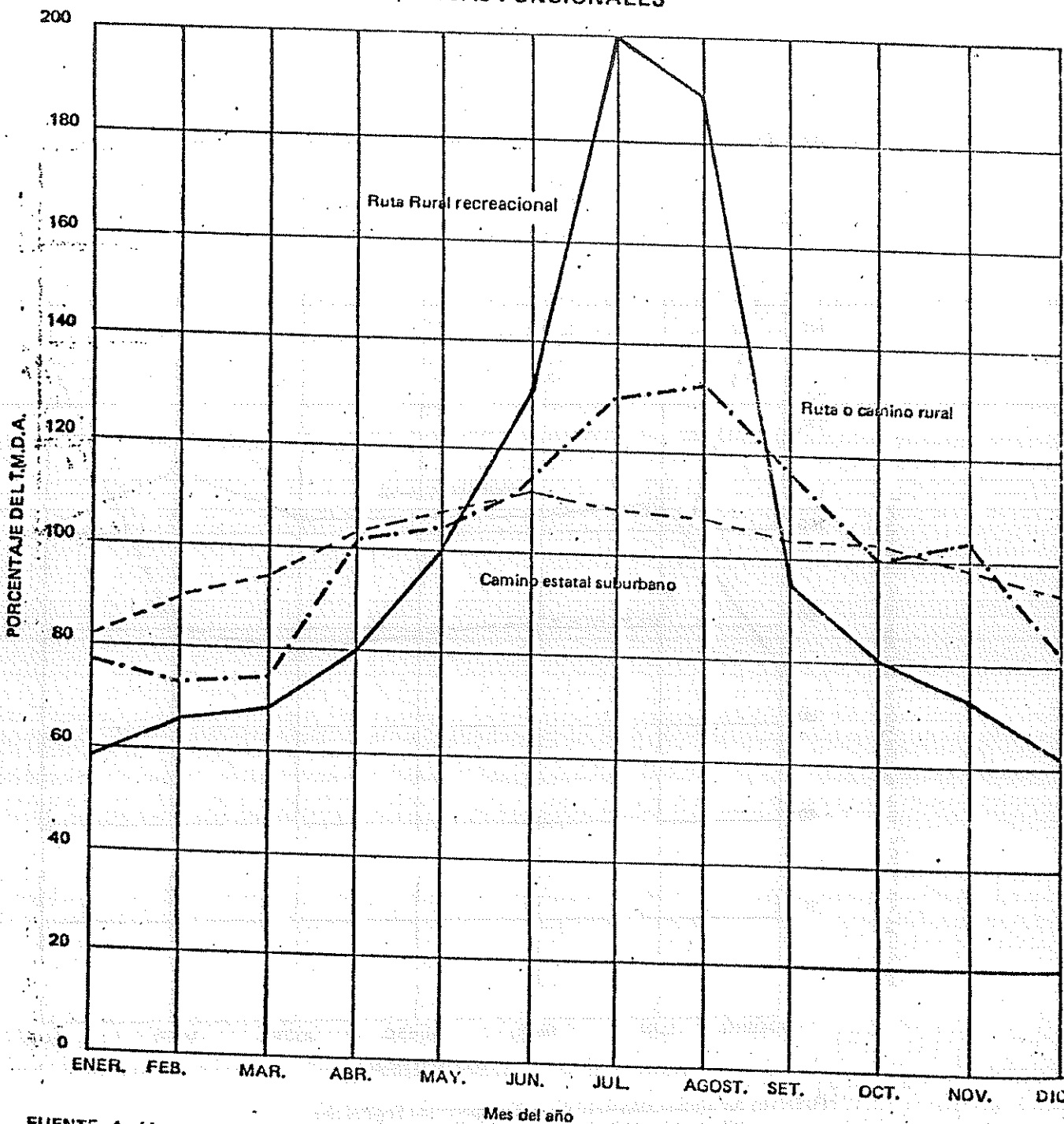
Una regla bastante exacta, que puede emplearse, a fin de evitar la mejora en la precisión de los valores estimados del T.M.D.A., mediante el incremento de los censos de cobertura, ya sea en número o en duración, es la siguiente: "Para reducir el error a la mitad, empleando los mismos procedimientos censales, se requiere incrementar cuatro veces, los esfuerzos y probablemente también los costos".

BIBLIOGRAFIA

1. Institute of Transportation Engineers - "Transportation and Traffic Engineering Handbook" 1976.
2. Institute of Transportation Engineers - "Manual of Traffic Engineering Studies" Cuarta Edición 1976.
3. Pascual Palazzo: Apuntes "Vías de Comunicación" - Centro Estudiantes de Ingeniería "La Línea Recta" actualizados por el Ing. Alberto R. Costantini e Ing. José D. Luxardo - 1961
4. Louis J. Pignataro - Traffic Engineering - Theory and Practice" Editorial Printice Hall - 1973
5. Federal Highway Administration - Guide for Traffic Volume Counting Manual - 1970

FIGURA 1

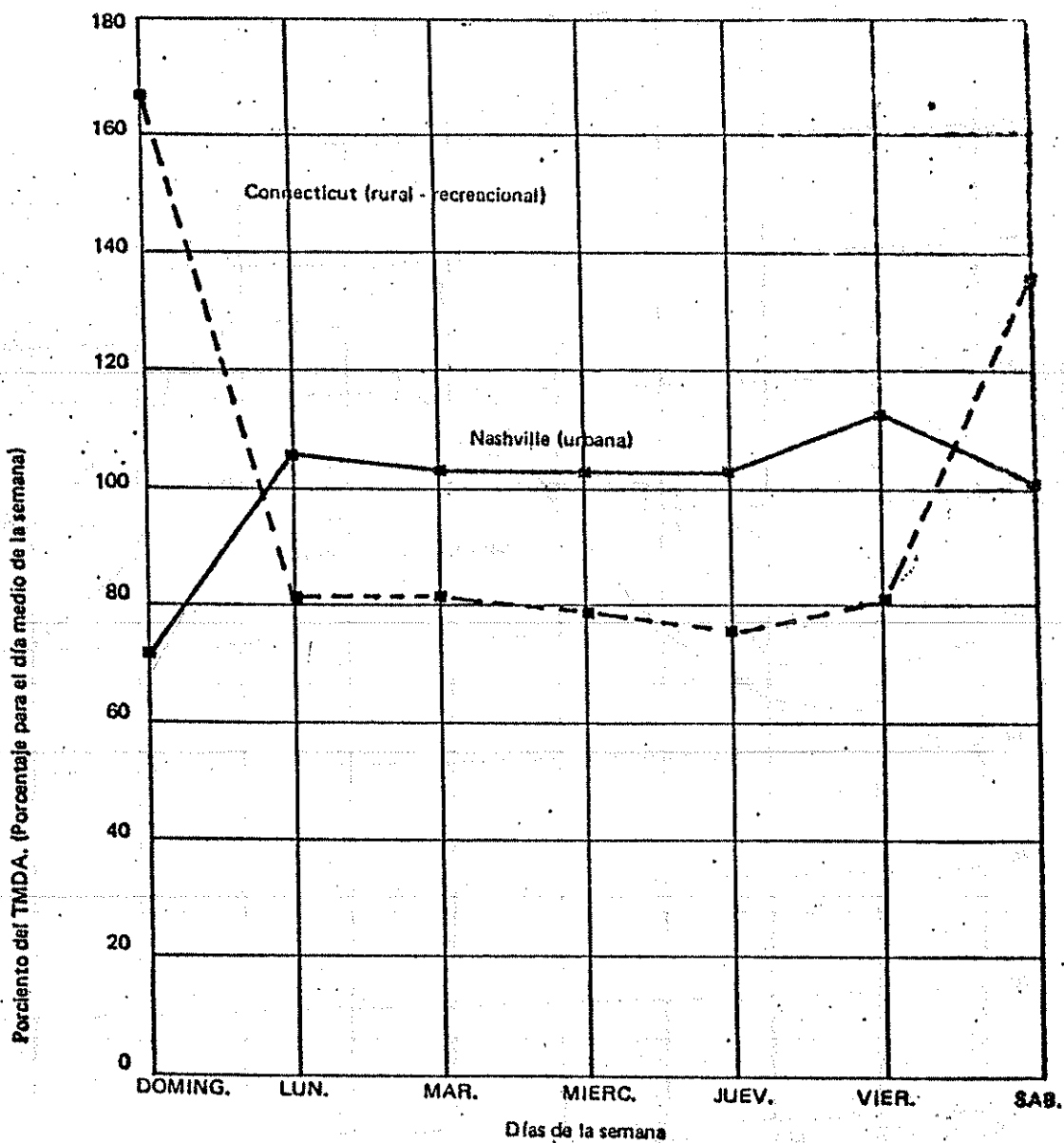
VARIACION MENSUAL DE LOS VOLUMENES DE TRANSITO EN RUTAS QUE TIENEN DISTINTAS CARACTERISTICAS FUNCIONALES



FUENTE: An Introduction to Highway Transportation Engineering (Washington, D.C. Institute of Transportation Engineers, 1968, pág. 22)

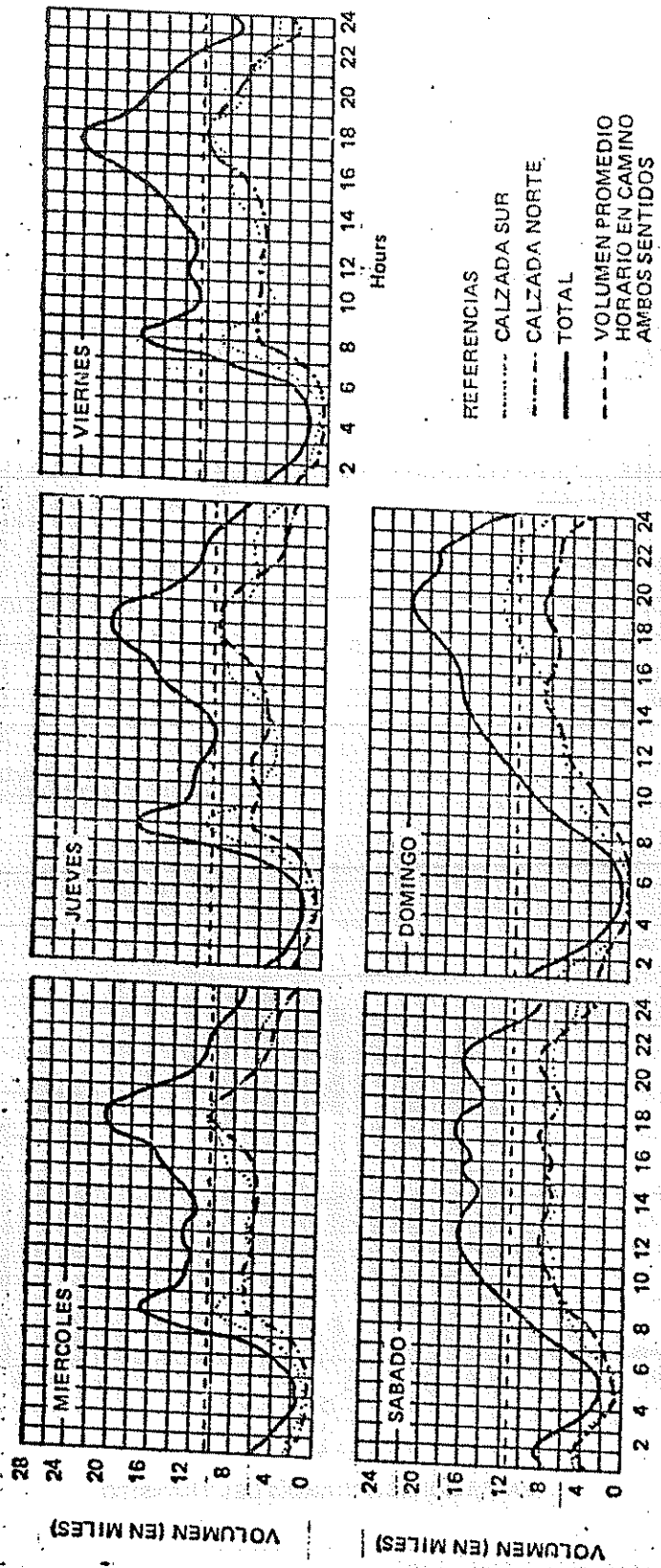
FIGURA 2

FLUCTUACIONES DIARIAS DEL VOLUMEN DE TRANSITO PARA CAMINOS RURALES Y URBANOS



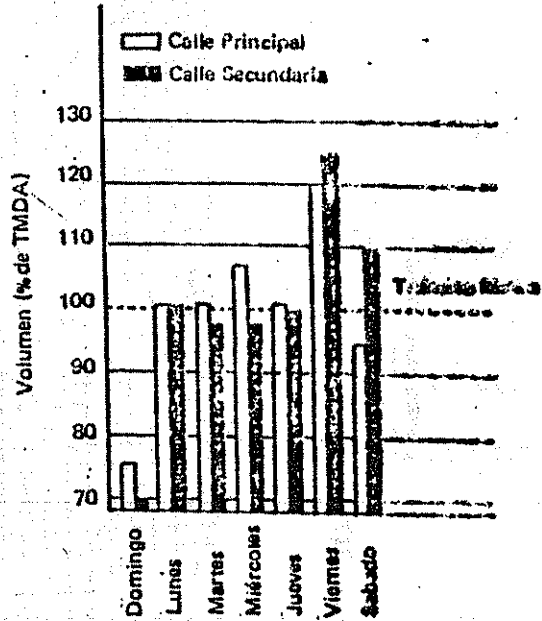
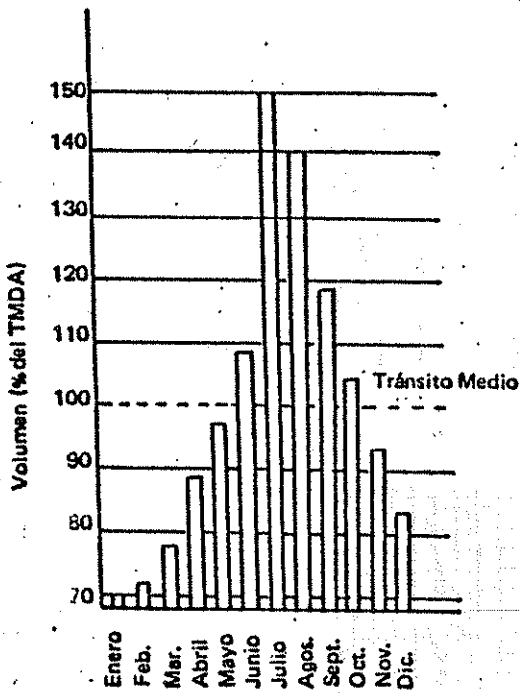
FUENTE: An Introduction to Highway Transportation Engineering
(Washington, D.C.: Institute of Transportation Engineers 1968, pag. 21)

FIGURA 3
VARIACIONES HORARIAS EN LOS VOLUMENES DE TRANSITO

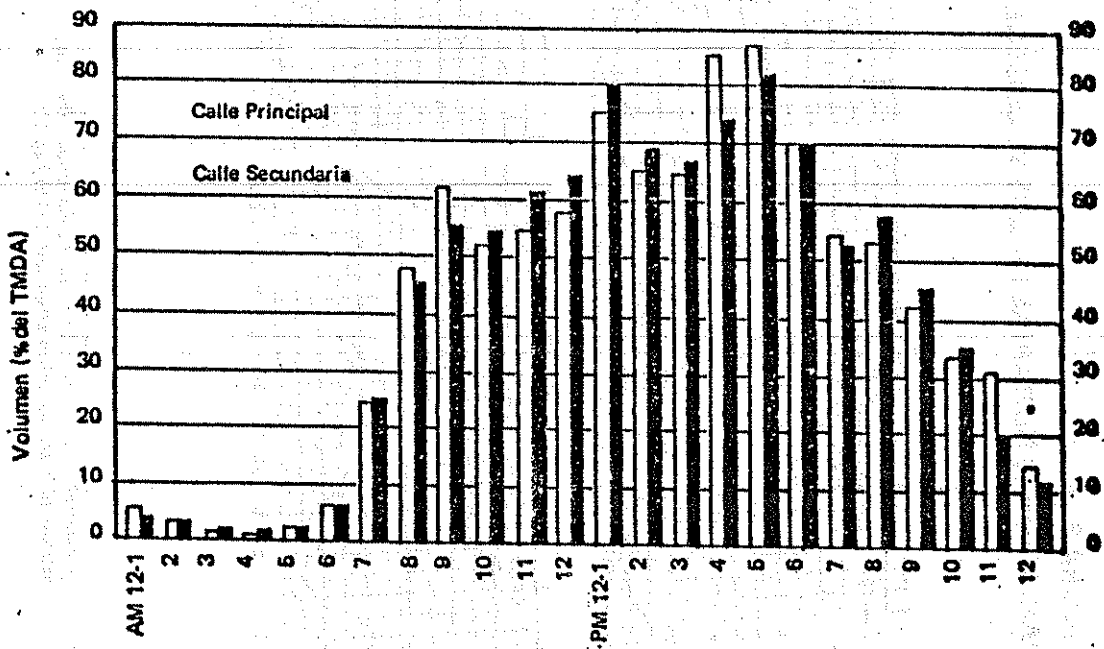


FUENTE: Transportation and Traffic Engineering Handbook (Washington DC) •
Institute of Transportation Engineers 1976) Pág. 77

FIGURA 4
VARIACIONES TEMPORALES EN LOS VOLUMENES DE TRANSITO



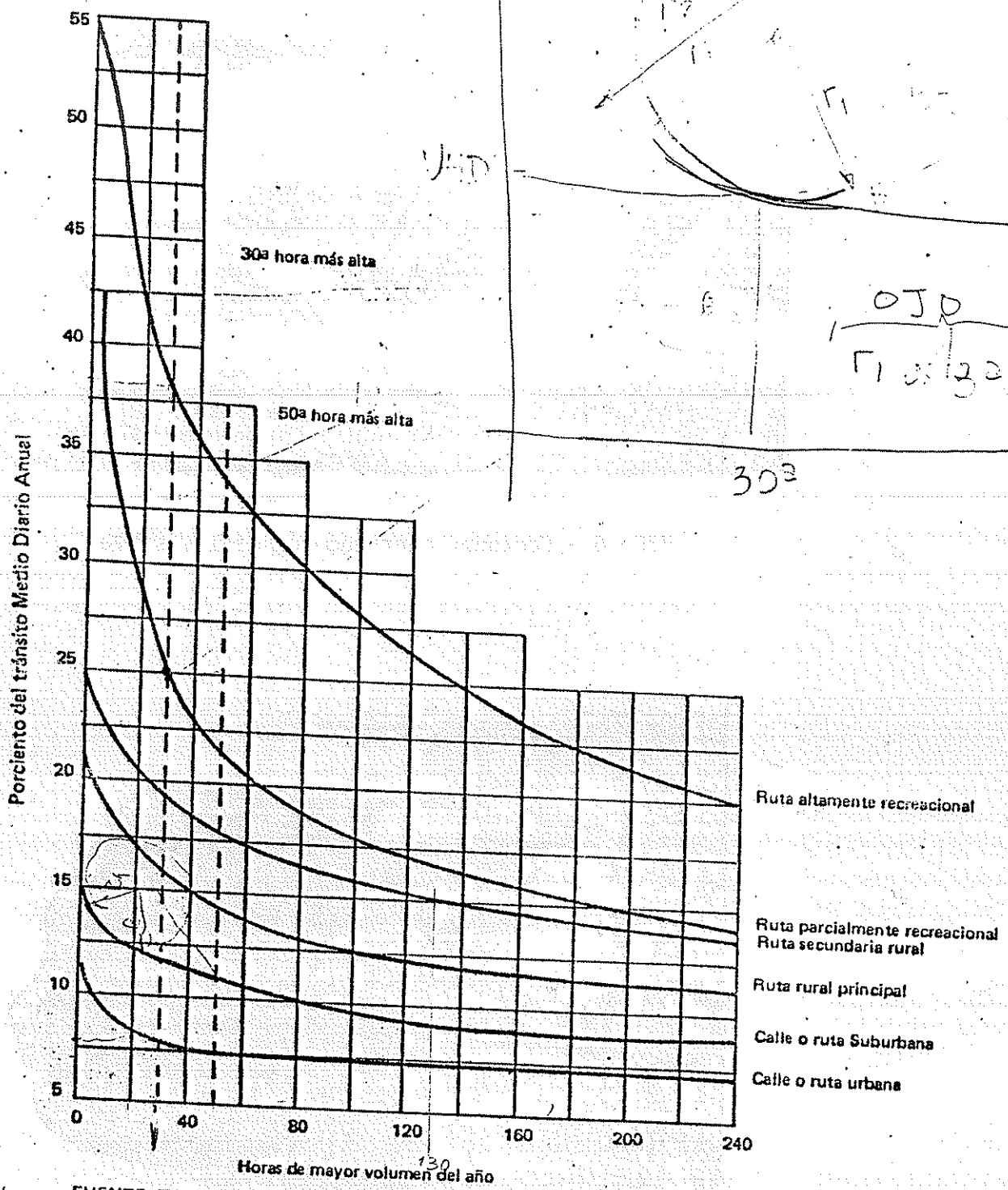
DIA DE LA SEMANA
VARIACIONES DIARIAS DEL TRANSITO



VARIACIONES HORARIAS DEL TRANSITO

FUENTE: Manual de Ingeniería de transporte y tráfico (Washington D.C., Institute of Transportation Engineers 1976), pág. 82

FIGURA 5
VOLUMENES HORARIOS EN DISTINTOS TIPOS DE RUTAS
DURANTE LAS HORAS DE MAS ALTOS VOLUMENES EN CADA UNA DE ELLAS



FUENTE: T.M. Matson, W.S. Smith, and F. W. Hurd, Traffic Engineering
(New York: Mc Graw-Hill Book Company) 1955. pág. 86.

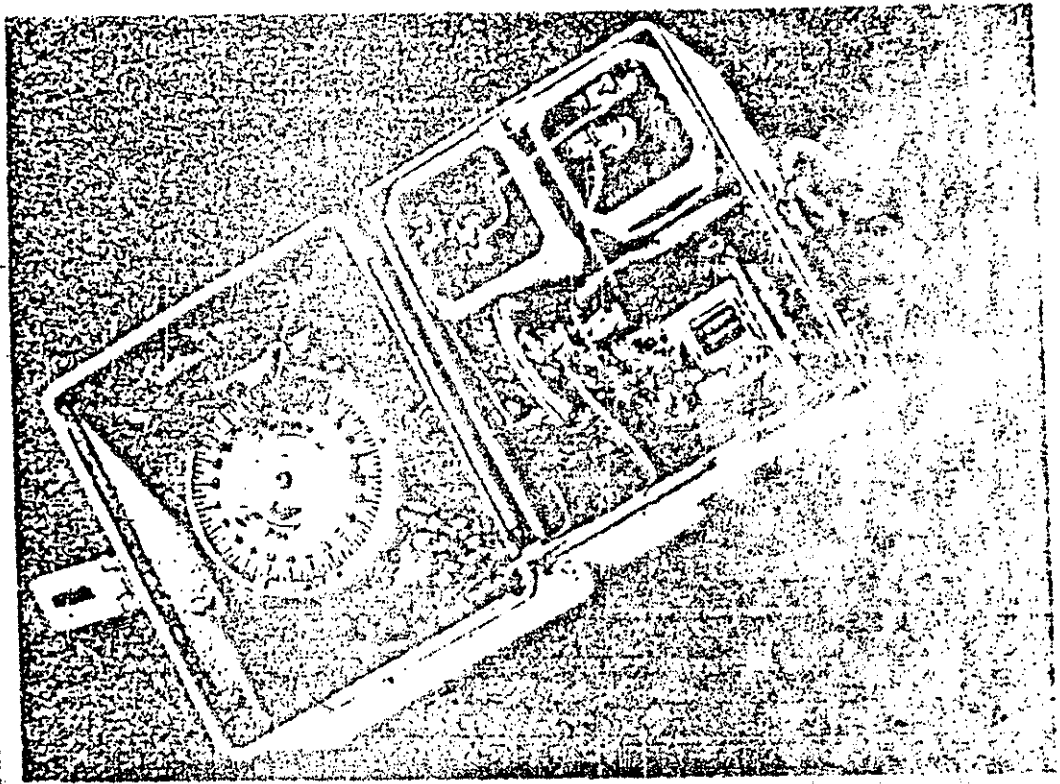


FIG. 6 - Contador continuo con dial visible

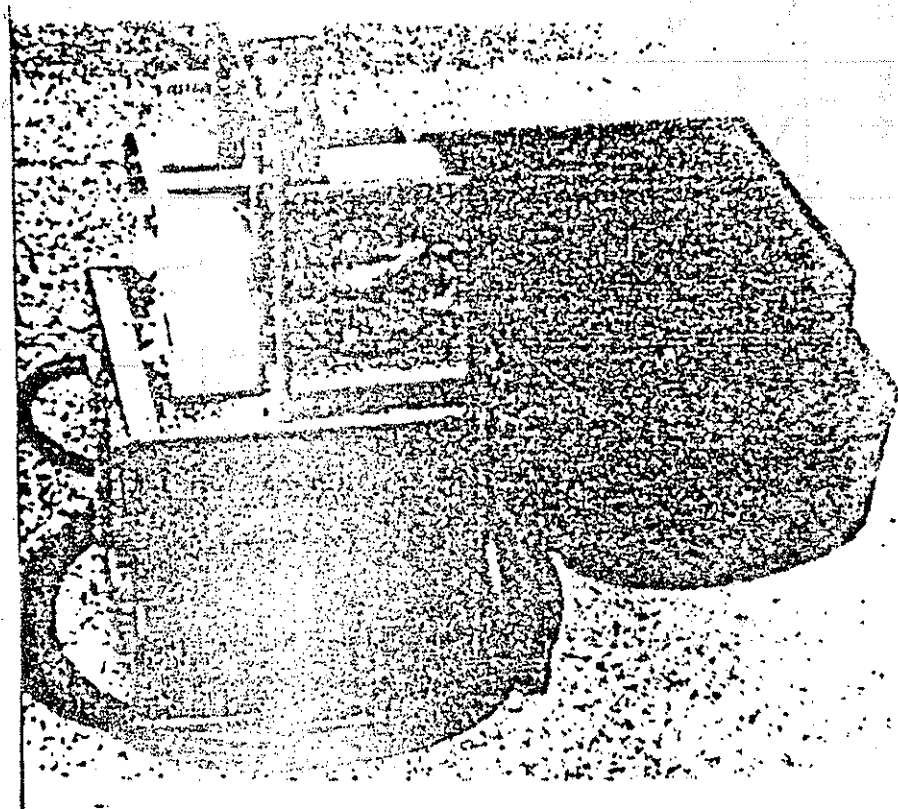


FIG. 7 - Contador impresor a cinta

FIGURA 8

CINTAS IMPRESAS DE LOS CONTADORES DE TRANSITO



2	2	0	0	6	8
2	3	0	0	4	9
2	2	0	0	7	4
2	1	0	0	7	7
2	0	0	1	2	3
1	9	0	0	9	9
1	8	0	0	7	8
1	7	0	0	7	8
1	6	0	0	7	8
1	5	0	0	7	1
1	4	0	0	6	8
1	3	0	0	7	9
1	2	0	0	9	6
1	1	0	1	1	5
1	0	0	0	8	3
0	9	0	1	1	2
0	8	0	1	0	3
0	7	0	0	5	9
0	6	0	0	2	7
0	5	0	0	2	0
0	4	0	0	3	3
0	3	0	0	2	4
0	2	0	0	3	1
0	0	0	0	4	1

12 A	0	1	6	5
11 P	0	2	1	6
10 P	0	2	1	7
9 P	0	2	3	0
8 P	0	2	0	0
7 P	0	1	5	3
6 P	0	1	4	9
5 P	0	1	7	2
4 P	0	1	4	8
3 P	0	1	7	6
2 P	0	1	8	7
1 P	0	1	6	0
12 P	0	2	0	9
11 A	0	1	8	6
10 A	0	1	9	2
9 A	0	1	7	6
8 A	0	1	1	6
7 A	0	0	0	9
6 A	0	0	5	7
5 A	0	0	3	4
4 A	0	0	4	8
3 A	0	0	9	0
2 A	0	1	1	1
1 A	0	0	9	9

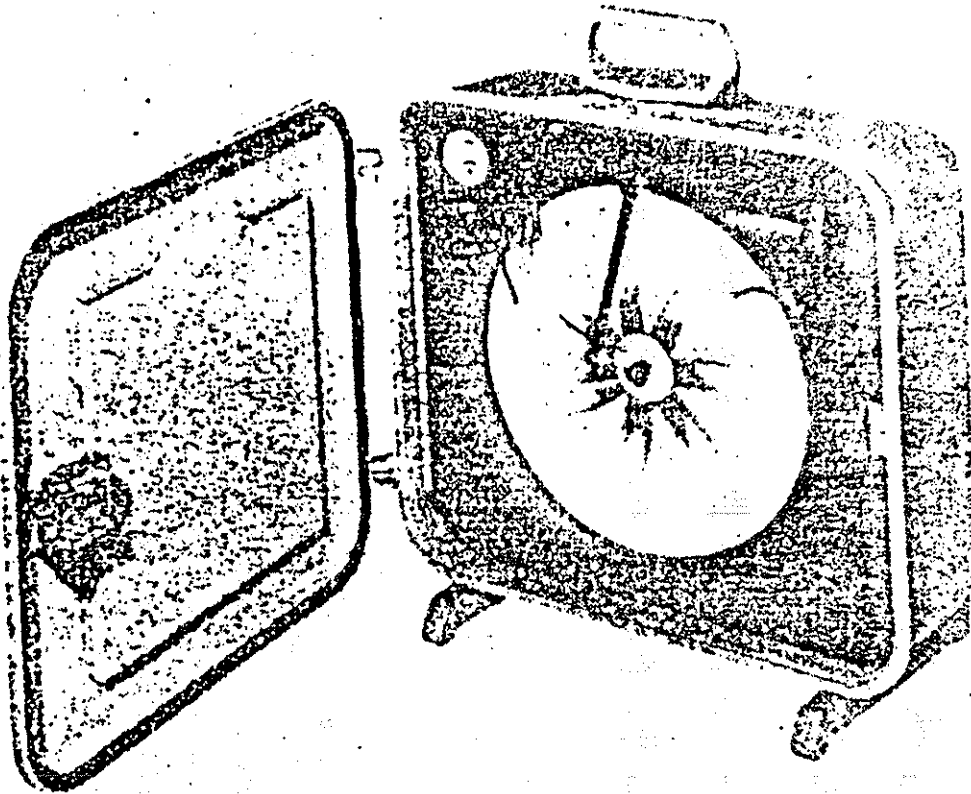


FIG. 9 - Contador con Registrador Gráfico Circular

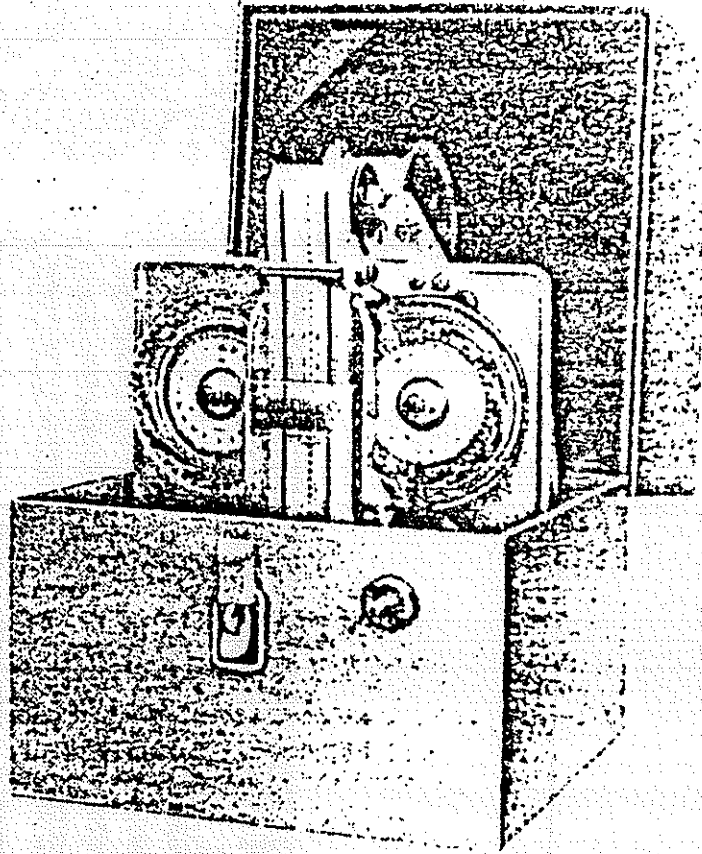


FIG. 10 - Contador con Cinta Perforada

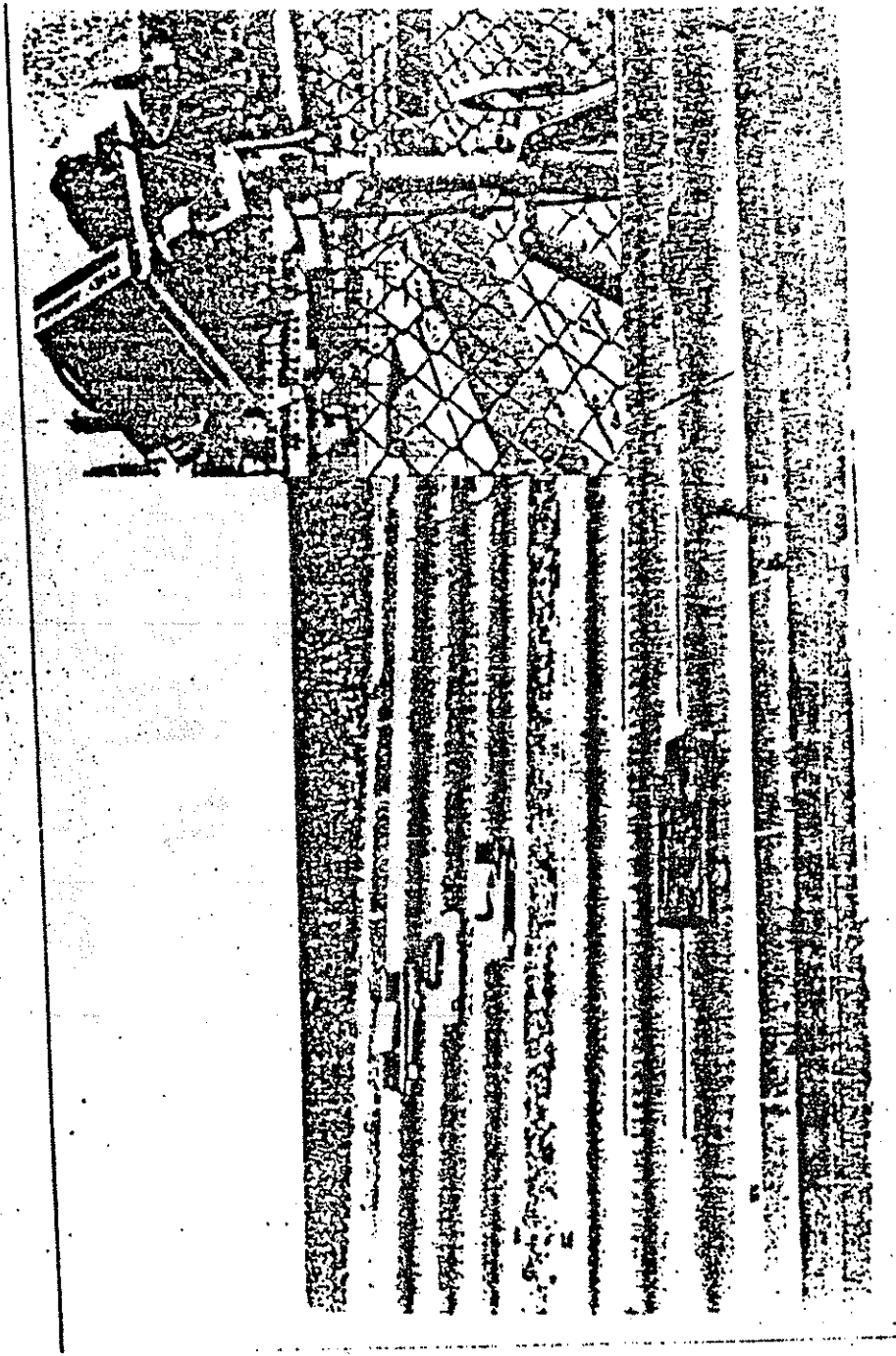


FIG. 11 - Equipo Especial de Iluminación

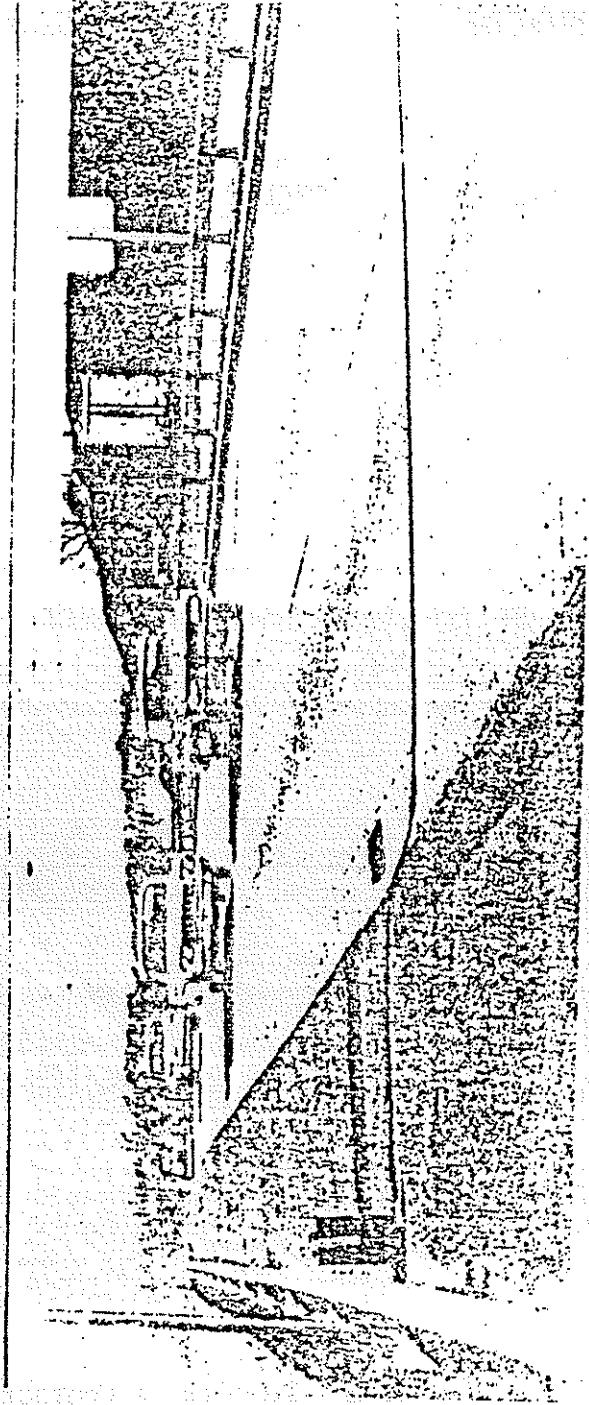


FIG. 12 - Detector Neumático

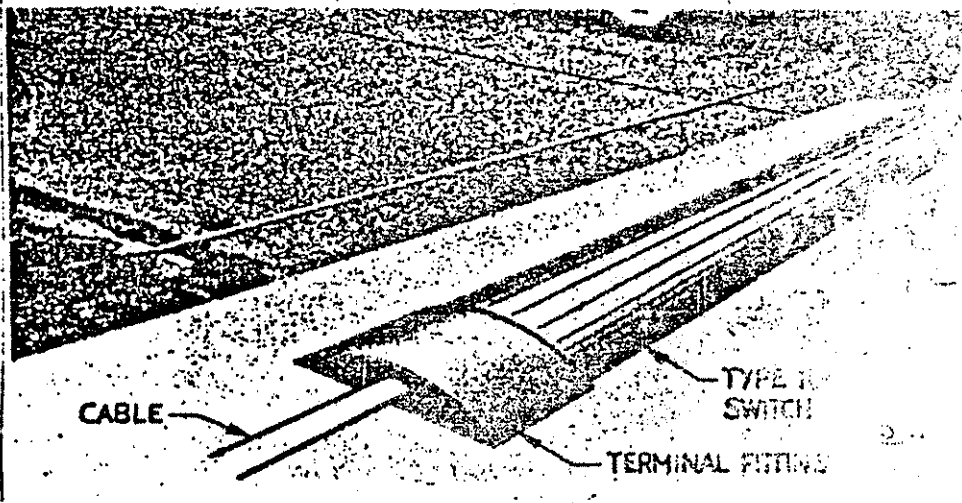


FIG. 13 A - Detector a Contacto Eléctrico

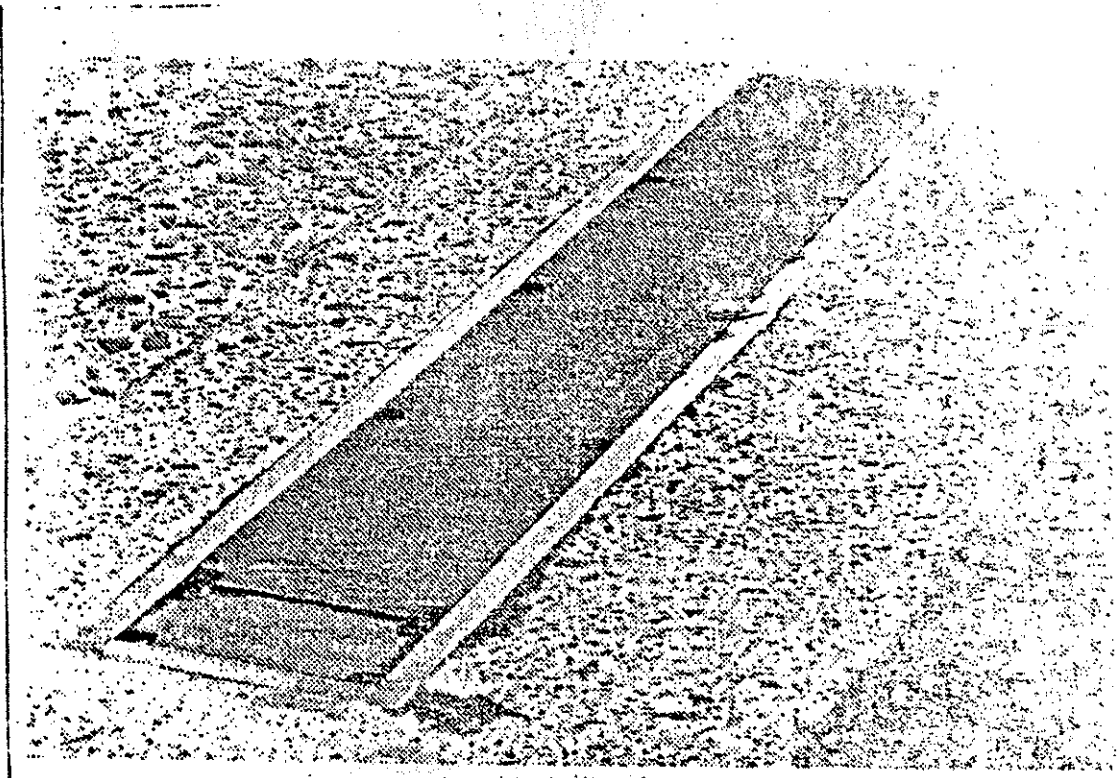


FIG. 13 B - Detector a Contacto Eléctrico

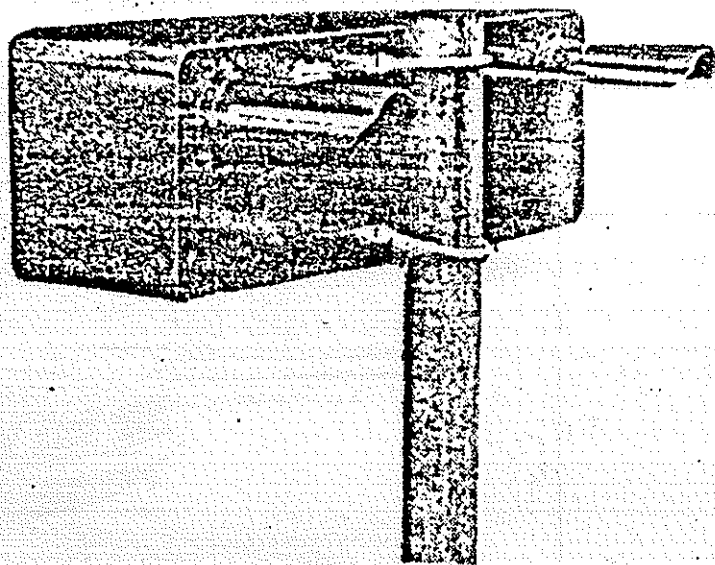


FIG. 14 - Detector a Célula Fotoelétrica

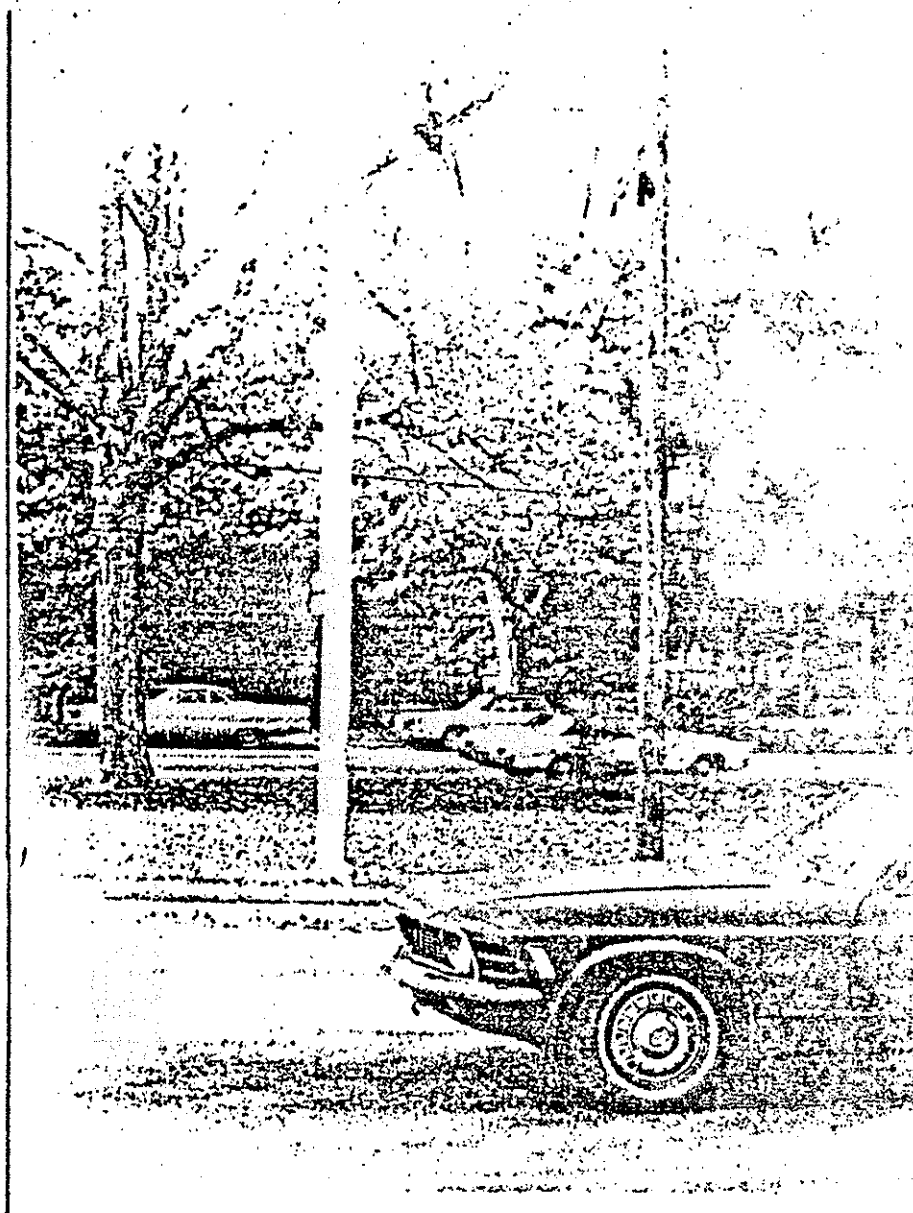


FIG. 15 - Instalación de un Detector del Tipo Radar

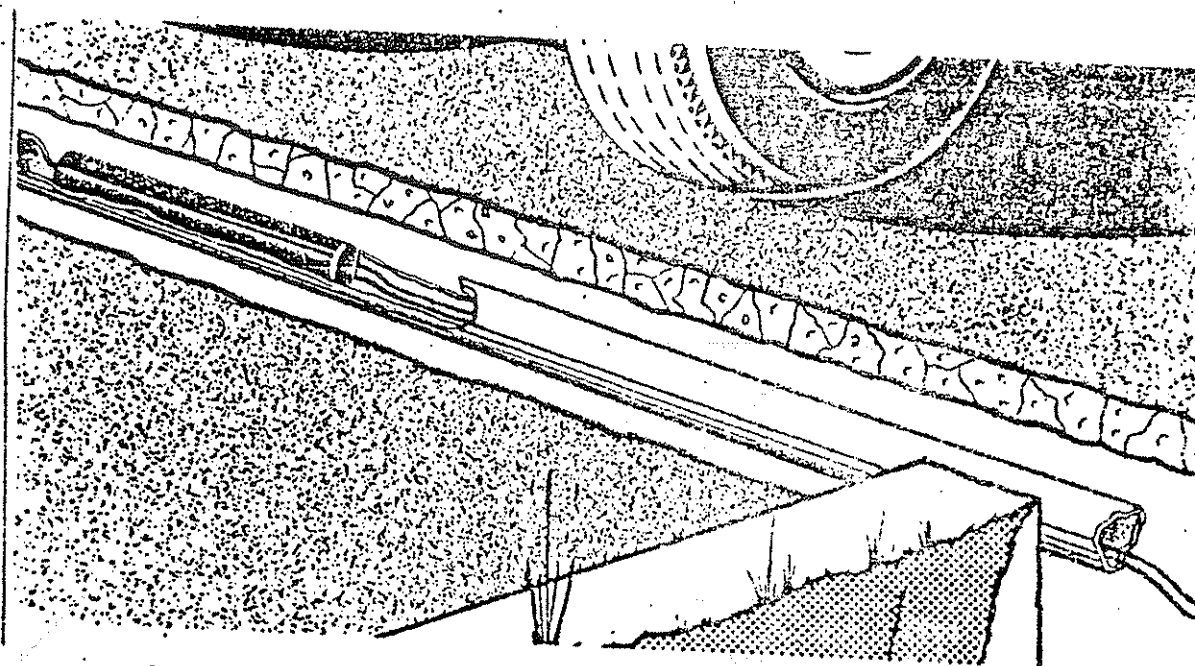


FIG. 16 - Detector Magnético

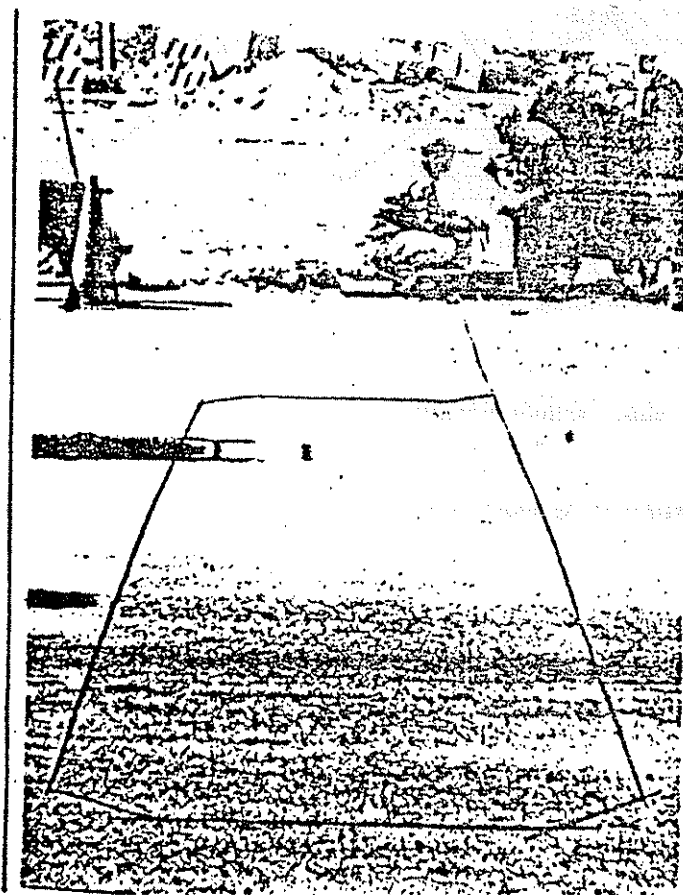
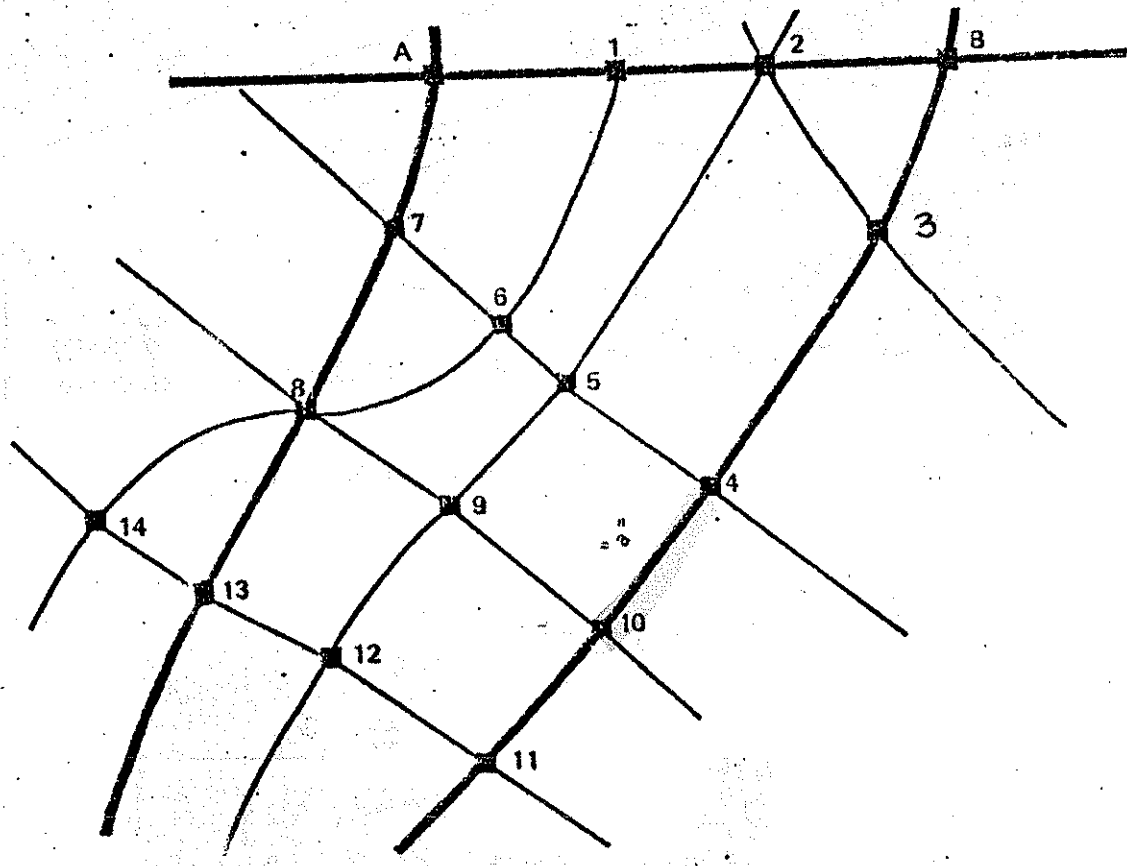


FIG. 17 - Espira Magnética

7/12/67

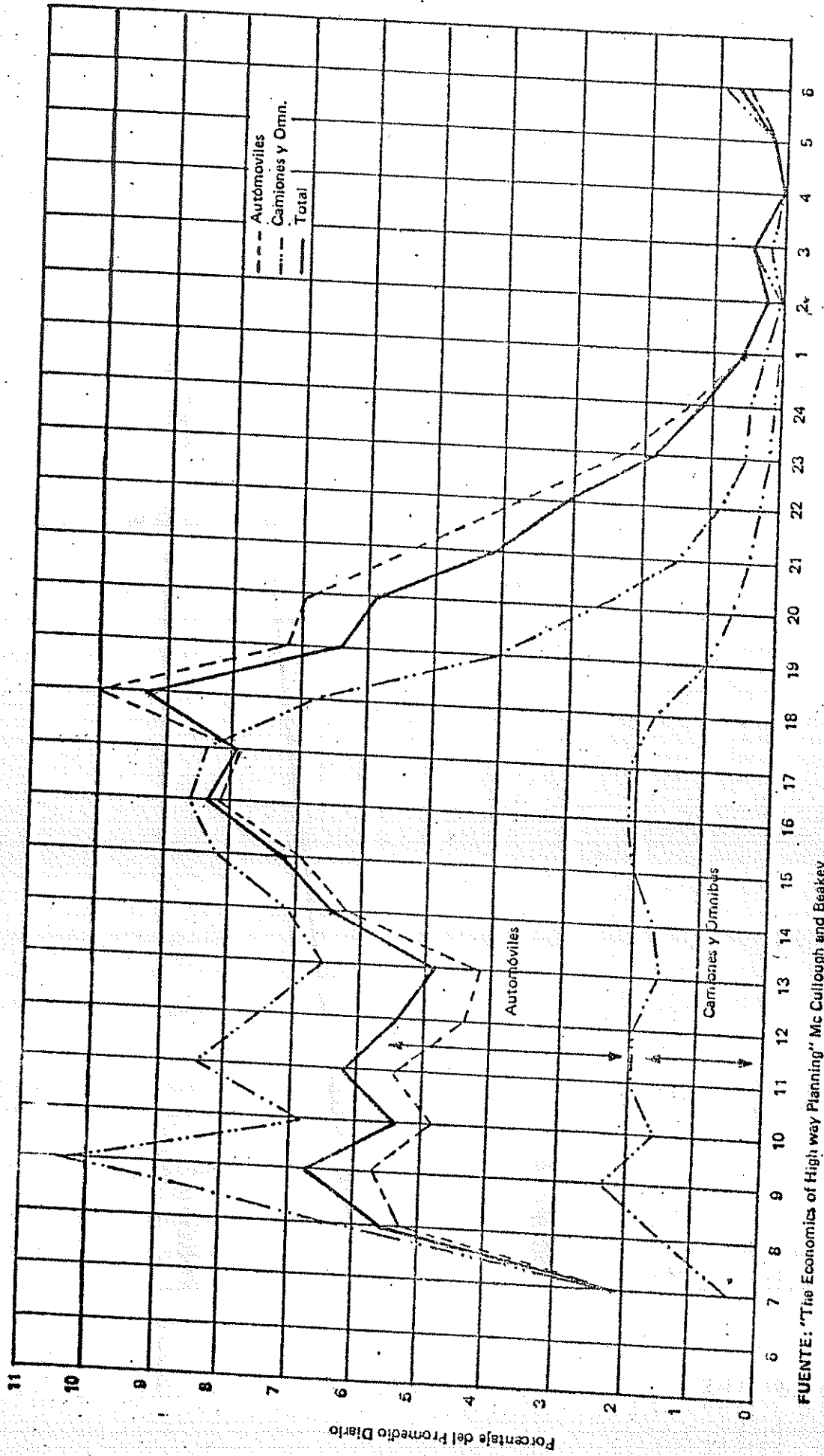
FIGURA 18
HIPOTÉTICA RED DE CAMINOS



— Caminos principales
— Caminos secundarios

FUENTE: Apuntes Vías de Comunicación CEI 1967

FIGURA 20
VARIACION DIARIA DE TRANSITO (Correspondiente a un censo en el Estado de Oregon, EE. UU.)



FUENTE: "The Economics of High way Planning" Mc Cullough and Beakey

FIGURA 19

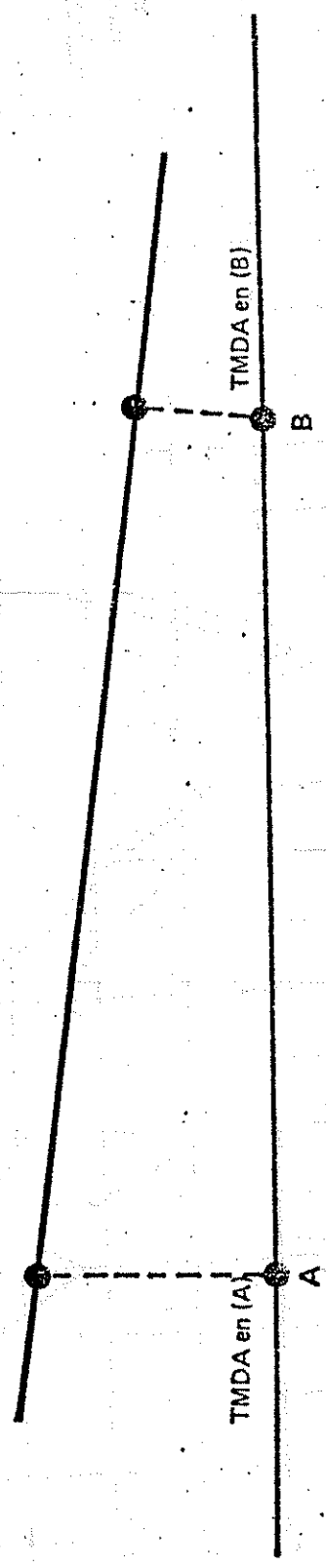


FIGURA 21
VARIACION SEMANAL DE TRANSITO (Correspondiente a un censo en el Estado Oregon EE. UU.)

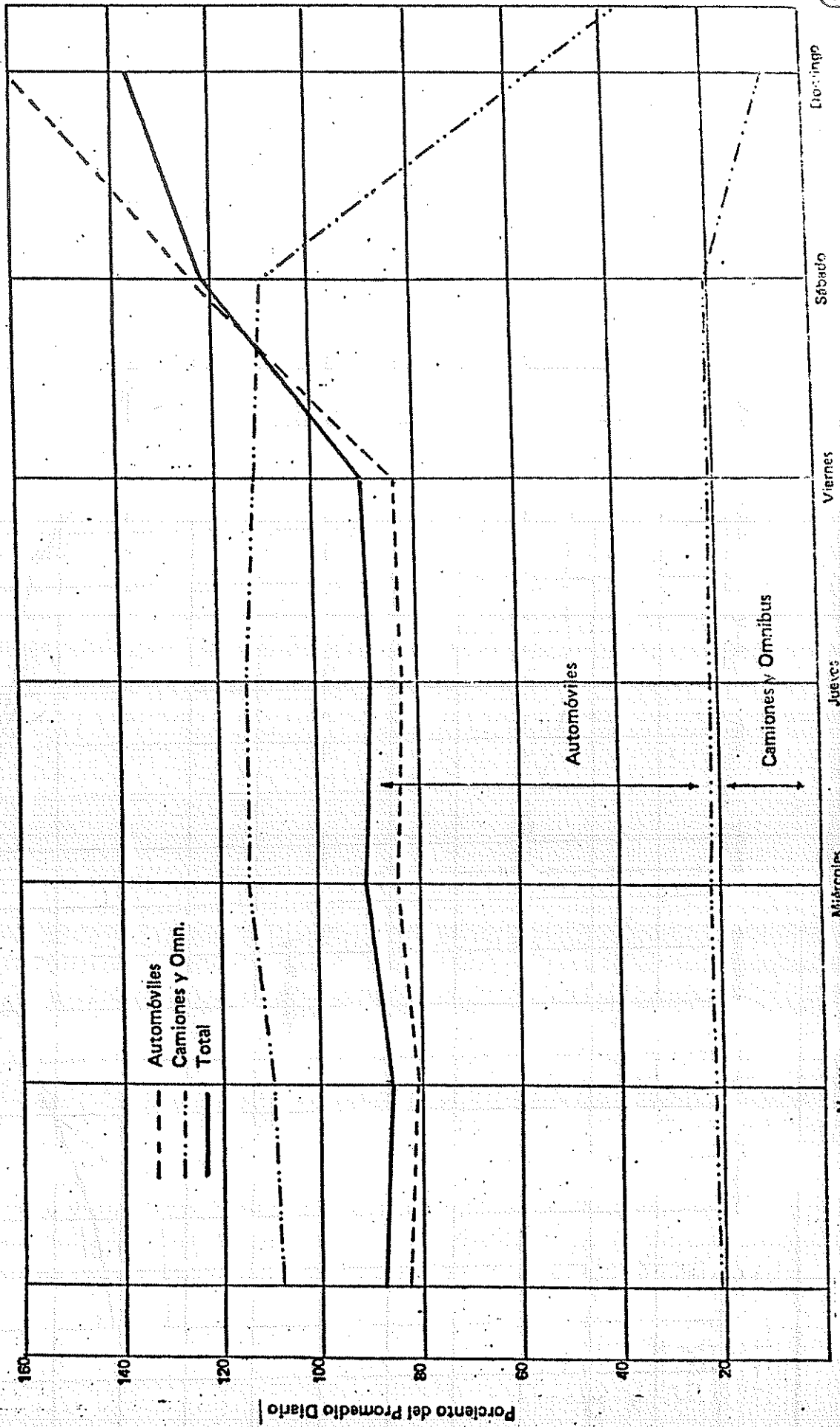


FIGURA 22
 VARIACION MENSUAL DEL TRANSITO (Correspondiente a un censo en el Estado de Oregon EE. UU.)

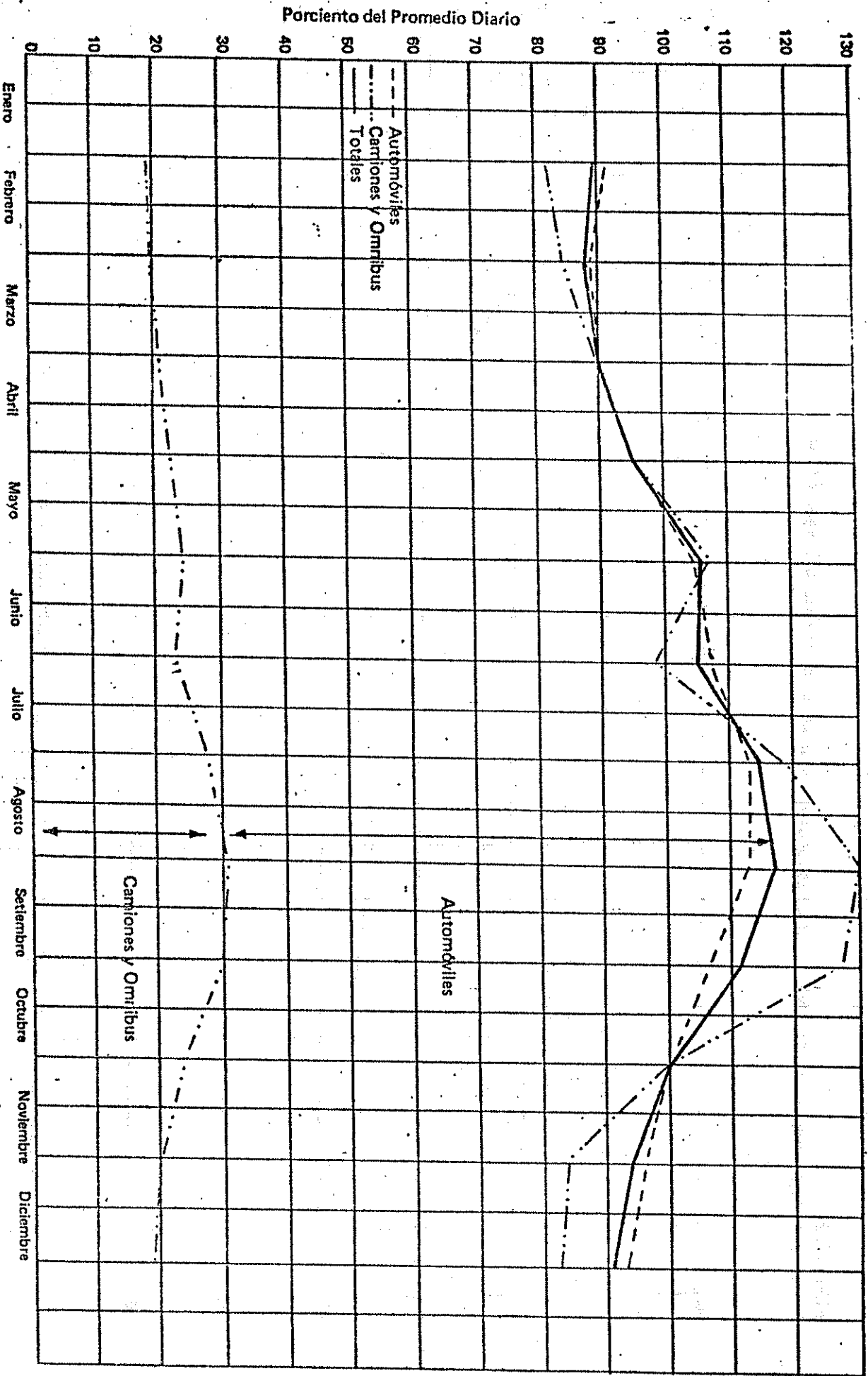


Fig. 23 - VARIACION DIARIA

Horas	Automóviles	Camiones	Total
6-7	2,33	2,05	2,26
7-8	5,31	6,61	5,63
8-9	5,90	10,25	6,95
9-10	4,88	6,83	5,35
10-11	5,46	8,43	6,18
11-12	4,44	8,20	5,35
12-13	4,22	6,61	4,80
13-14	6,19	7,06	6,40
14-15	6,91	8,20	7,23
15-16	8,15	8,66	8,27
16-17	7,79	8,43	7,94
17-18	9,97	6,83	9,21
18-19	7,21	4,10	6,45
19-20	6,91	2,73	5,90
20-21	5,02	1,59	4,19
21-22	3,78	0,91	3,09
22-23	2,33	0,46	1,87
23-24	1,24	0,46	1,05
0-1	0,58	0,23	0,50
1-2	0,29	0,00	0,22
2-3	0,44	0,46	0,44
3-4	0,00	0,00	0,00
4-5	0,51	0,00	0,11
5-6	0,51	0,90	0,61

Fig. 24 - VARIACION SEMANAL

Días	Automóviles	Camiones	Total
Lunes	82,58	107,19	87,47
Martes	81,19	109,05	86,73
Miércoles	85,38	113,27	90,92
Jueves	83,48	113,27	89,40
Viernes	83,98	110,85	89,32
Sábado	123,91	108,86	120,92
Domingo	159,48	37,51	135,24

Fig. 25 - VARIACION MENSUAL

Meses	Automóviles	Camiones	Total
Enero	91,10	82,60	89,10
Febrero	89,04	84,84	88,05
Marzo	89,73	89,30	89,63
Abril	95,89	96,00	95,92
Mayo	104,79	107,16	105,35
Junio	106,85	98,23	104,83
Julio	112,33	117,21	113,47
Agosto	113,36	129,49	117,14
Septiembre	106,85	127,26	111,64
Octubre	100,00	100,47	100,11
Noviembre	96,57	84,84	93,82
Diciembre	93,49	82,60	90,94

Fig. 26 - FACTORES MENSUALES - T.M.D.A. % T.M.D. MENSUAL (días laborables)
en estaciones permanentes

Número Estación	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
(A)	1,08	0,99	0,91	0,73	0,71	0,86	1,00	1,13
(B)	1,19	1,03	0,90	0,66	0,64	0,90	1,09	1,15
(C)	1,00	0,93	0,91	0,83	0,85	0,99	1,05	1,02
(D)	1,03	0,92	0,88	0,86	0,86	0,89	0,95	1,10
(E)	1,07	0,90	0,79	0,90	0,98	1,00	1,08	1,15
(F)	1,05	0,98	0,91	0,68	0,67	0,92	1,03	1,10
(G)	1,16	0,97	0,83	0,70	0,74	0,81	1,04	1,22
(H)	1,09	0,87	0,76	0,69	0,72	0,85	0,95	1,18
(I)	1,44	1,15	0,90	0,57	0,51	0,75	1,15	1,52
(J)	1,04	0,95	0,97	0,77	0,75	0,95	1,07	1,16
(K)	1,38	1,14	0,98	0,70	0,65	0,82	0,98	1,07
(L)	1,19	0,99	0,85	0,71	0,76	0,97	1,00	1,56

Fig. 27 - ORDENAMIENTO DE LOS FACTORES MENSUALES PARA LAS ESTACIONES PERMANENTES

Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
<u>(C) 1,00</u>	* (H) 0,87	* (H) 0,76	<u>(I) 0,57</u>	<u>(I) 0,51</u>	<u>(I) 0,75</u>	<u>(H) 0,95</u>	<u>(C) 1,02</u>
(D) 1,03	(E) 0,90	(E) 0,79	* (B) 0,66	* (B) 0,64	* (G) 0,81	(D) 0,95	(K) 1,07
* (J) 1,04	(D) 0,92	* (G) 0,83	* (F) 0,68	(K) 0,65	(K) 0,82	(K) 0,98	(D) 1,10
* (F) 1,05	(C) 0,93	* (L) 0,85	* (H) 0,69	* (F) 0,67	* (H) 0,85	* (A) 1,00	* (F) 1,10
(E) 1,07	* (J) 0,95	(D) 0,88	(K) 0,70	* (A) 0,71	* (A) 0,86	* (L) 1,00	* (A) 1,13
* (A) 1,08	* (G) 0,97	* (B) 0,90	* (G) 0,70	* (H) 0,72	(D) 0,89	* (F) 1,03	* (B) 1,15
* (H) 1,09	* (F) 0,98	(I) 0,90	* (L) 0,71	* (G) 0,74	* (B) 0,90	* (G) 1,04	(E) 1,15
* (G) 1,16	* (A) 0,99	* (C) 0,91	* (A) 0,73	* (J) 0,75	* (F) 0,92	(C) 1,05	* (J) 1,16
* (B) 1,19	* (L) 0,99	* (A) 0,91	* (J) 0,77	* (L) 0,76	* (J) 0,95	* (J) 1,07	* (H) 1,18
* (L) 1,19	* (B) 1,03	* (F) 0,91	(C) 0,83	(C) 0,85	* (L) 0,97	(E) 1,08	* (G) 1,22
(K) 1,38	(K) 1,14	* (J) 0,97	<u>(D) 0,86</u>	(D) 0,86	(C) 0,99	* (B) 1,09	(I) 1,52
(I) 1,44	(I) 1,15	<u>(K) 0,98</u>	(E) 0,90	(E) 0,95	<u>(E) 1,00</u>	<u>(I) 1,15</u>	(L) 1,36

Fig. 28 - GRUPOS DE ESTACIONES PERMANENTES COMPRESIDAS DENTRO DEL RANGO 0,20

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Grupo I - (A), (B), (F), (G), (L), (H) y (J)								
(J)	1,04	(H) 0,87	(H) 0,76	(B) 0,66	(B) 0,64	(G) 0,81	(H) 0,95	(F) 1,10
(F)	1,05	(J) 0,95	(G) 0,83	(F) 0,68	(F) 0,67	(H) 0,85	(A) 1,00	(A) 1,13
(A)	1,08	(G) 0,97	(L) 0,85	(H) 0,69	(A) 0,71	(A) 0,86	(L) 1,00	(B) 1,15
(H)	1,09	(F) 0,98	(B) 0,90	(G) 0,70	(H) 0,72	(B) 0,90	(F) 1,03	(J) 1,16
(G)	1,16	(A) 0,99	(A) 0,91	(L) 0,71	(G) 0,74	(F) 0,92	(G) 1,04	(H) 1,18
(B)	1,19	(L) 0,99	(F) 0,91	(A) 0,73	(J) 0,75	(J) 0,95	(J) 1,07	(G) 1,22
(L)	1,19	(B) 1,03	(J) 0,97	(J) 0,77	(L) 0,76	(L) 0,97	(B) 1,09	(L) 1,36
Grupo II - (I) y (K)								
(K)	1,38	(K) 1,14	(I) 0,90	(I) 0,57	(I) 0,51	(I) 0,75	(K) 0,98	(K) 1,07
(I)	1,44	(I) 1,15	(K) 0,98	(K) 0,70	(K) 0,65	(K) 0,82	(I) 1,15	(I) 1,32
Grupo III - (C), (D) y (E)								
(C)	1,00	(E) 0,90	(E) 0,79	(C) 0,83	(C) 0,85	(D) 0,89	(D) 0,95	(C) 1,02
(D)	1,03	(D) 0,92	(D) 0,88	(D) 0,86	(D) 0,86	(C) 0,99	(C) 1,05	(D) 1,10
(E)	1,07	(C) 0,93	(C) 0,91	(E) 0,90	(E) 0,93	(E) 1,00	(E) 1,08	(E) 1,15

Fig. 29 - PROMEDIO DE LOS FACTORES MENSUALES SEGUN GRUPOS

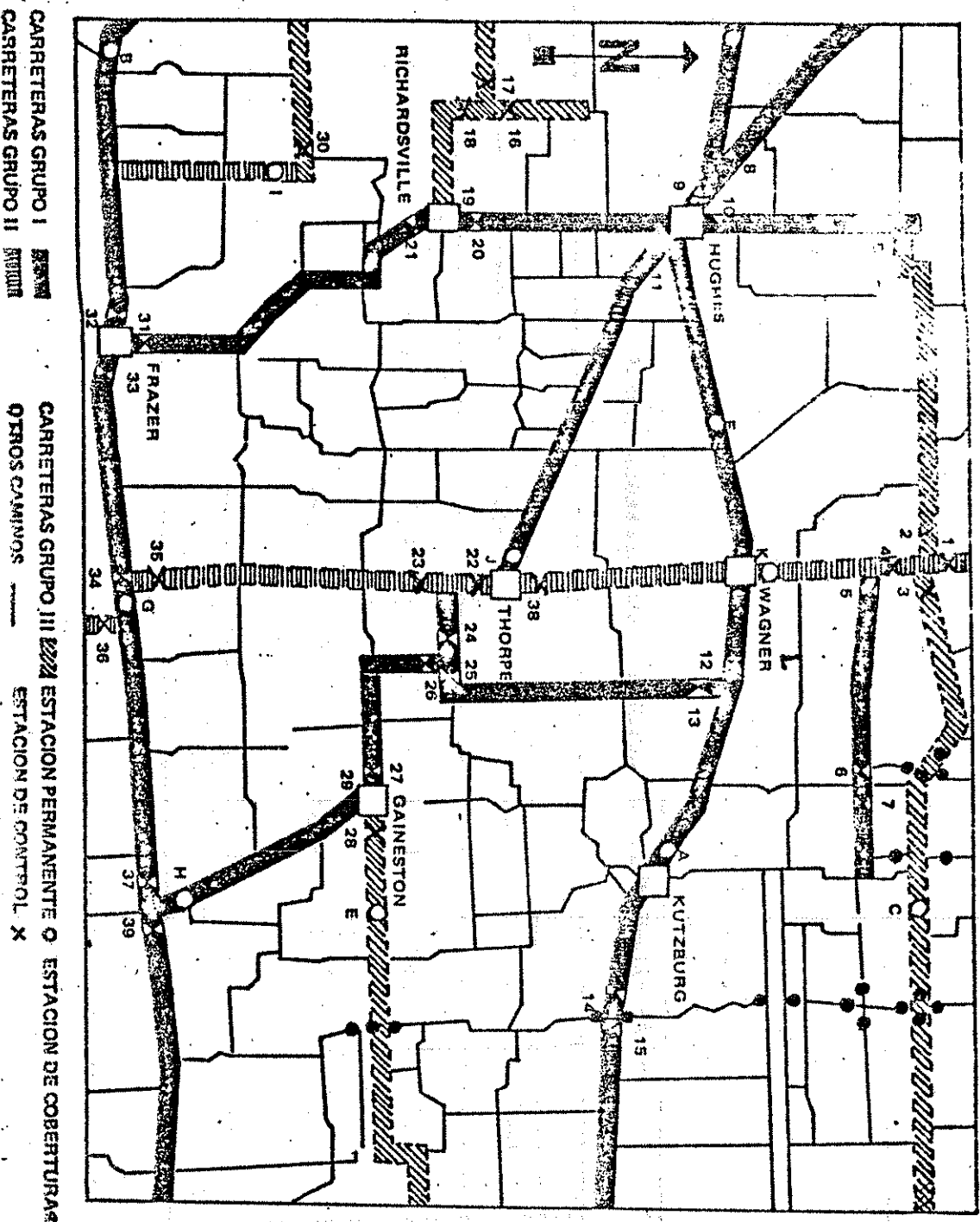
Grupo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Grupo I	1,11	0,97	0,88	0,71	0,71	0,89	1,03	1,19
Grupo II	1,41	1,14	0,94	0,64	0,58	0,78	1,06	1,20
Grupo III	1,03	0,92	0,86	0,86	0,88	0,96	1,03	1,09

Curso de cobertura → de 48hs. → $\frac{4286 \text{ vehiculos}}{2} =$

= 2143

TMDA = $2143 \cdot 0,89 = 1907 = TMDA \checkmark$

FIGURA 30
 DISTRIBUCION DE TRAMOS DE CONTROL PARA GRUPO. SEGUN LAS ESTACIONES
 PERMANENTES Y ESTACION DE CONTROL



CARRTERAS GRUPO I
 CARRTERAS GRUPO II

CARRTERAS GRUPO III
 OTROS CAMINOS
 ESTACION PERMANENTE
 ESTACION DE CONTROL

Fig. 31 - FACTORES MENSUALES = T.M.D.A. / T.M.D. Mensual (días laborables)
en las estaciones de control

Nº Estación	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
1	1,25	1,29	1,09	0,78	0,60	0,67	1,00	1,20
2	1,19	1,06	0,90	0,91	0,83	0,82	0,99	1,23
3	1,03	0,96	0,80	0,80	0,88	0,92	1,02	1,18
4	1,31	1,27	1,00	0,78	0,65	0,58	0,88	1,30
5	0,97	0,89	0,88	0,71	0,69	0,76	1,00	1,12
6	1,08	0,91	0,87	0,73	0,69	0,81	0,99	1,11
7	0,99	0,82	0,80	0,74	0,70	0,79	0,98	1,15
8	1,12	0,93	0,79	0,80	0,73	1,00	1,10	1,14
9	1,20	1,10	0,76	0,79	0,78	0,93	1,03	1,21
10	0,96	0,88	0,87	0,69	0,72	0,83	1,05	1,20
11	1,60	1,39	0,47	0,50	0,36	0,34	1,00	1,63
12	1,13	1,11	0,99	0,68	0,68	0,76	1,11	1,18
13	1,15	1,09	1,02	0,69	0,68	0,86	1,16	1,16
14	1,00	0,82	0,90	0,67	0,73	0,90	0,95	1,17
15	1,20	1,08	1,00	0,59	0,79	1,01	1,07	1,09
16	1,16	0,87	0,72	0,75	0,80	1,00	1,04	1,20
17	0,99	0,78	0,75	0,76	0,90	1,03	1,09	1,09
18	0,98	0,80	0,87	1,00	1,00	0,90	0,90	1,00
19	1,03	1,03	0,91	0,82	1,00	0,98	1,17	1,00
20	1,25	1,02	0,99	0,69	0,61	0,81	1,05	1,08
21	1,22	1,03	0,98	0,68	0,63	0,79	1,03	1,05
22	1,07	1,00	1,01	0,70	0,68	0,92	1,09	1,11
23	1,47	1,16	0,95	0,50	0,55	0,59	1,00	1,33
24	1,13	0,97	0,75	0,58	0,61	0,91	1,02	1,21
25	1,09	0,85	0,78	0,66	0,71	0,89	1,01	1,09
26	1,18	0,97	1,60	0,84	0,69	0,95	1,06	1,17
27	1,05	0,85	0,87	0,81	0,72	0,79	1,00	1,23
28	1,01	1,00	0,92	0,85	1,01	0,89	0,89	0,89
29	3,07	3,07	0,29	0,38	0,29	2,00	2,50	2,78
30	1,12	1,00	0,86	0,84	0,90	0,95	0,94	0,99
31	1,19	0,99	0,92	0,68	0,74	1,05	1,06	1,20
32	1,04	0,94	0,89	0,78	0,64	1,01	1,09	1,01
33	1,26	1,00	0,75	0,55	0,55	1,05	1,10	1,30
34	1,10	0,98	0,88	0,67	0,70	0,98	1,02	1,25
35	1,53	1,14	0,93	0,50	0,49	0,91	1,20	1,09
36	1,49	1,02	0,80	0,63	0,57	0,92	1,10	1,07
37	1,19	1,05	0,90	0,60	0,75	0,90	1,09	1,24
38	1,00	1,11	1,00	0,73	0,80	0,89	1,00	1,20
39	1,26	0,95	0,74	0,59	0,65	1,03	1,11	1,30

FIG. 1. ORDENAMIENTO DE LOS FACTORES MENSUALES PARA LAS ESTACIONES DE CONTROL MENSUAL

Estación	Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	Estación	Factor	Estación	Factor	Estación	Factor	Estación	Factor	Estación	Factor	Estación	Factor	Estación	Factor	Estación	Factor
10	0,96	17	0,78	29	0,29	29	0,38	29	0,29	11	0,34	4	0,88	28	0,89	
5	0,97	18	0,80	11	0,47	11	0,50	11	0,36	4	0,58	28	0,89	30	0,99	
18	0,98	7	0,82	16	0,72	23	0,50	35	0,49	23	0,59	18	0,90	18	1,00	
7	0,99	14	0,82	39	0,74	35	0,50	23	0,55	1	0,67	30	0,94	19	1,00	
17	0,99	25	0,85	17	0,75	35	0,55	35	0,55	5	0,76	14	0,95	32	1,01	
14	1,00	27	0,85	24	0,75	24	0,58	36	0,57	12	0,76	7	0,98	21	1,05	
38	1,00	16	0,87	33	0,75	15	0,59	1	0,60	7	0,79	2	0,99	36	1,07	
28	1,01	10	0,88	9	0,76	39	0,59	20	0,61	21	0,79	6	0,99	20	1,08	
3	1,03	5	0,89	25	0,78	37	0,60	24	0,61	27	0,79	1	1,00	15	1,09	
19	1,03	6	0,91	8	0,79	36	0,63	21	0,63	6	0,81	5	1,00	17	1,09	
32	1,04	8	0,93	3	0,80	25	0,66	32	0,64	20	0,81	11	1,00	25	1,09	
27	1,05	32	0,94	7	0,80	14	0,67	4	0,65	2	0,82	23	1,00	35	1,09	
11	1,07	39	0,95	36	0,80	34	0,67	39	0,65	10	0,83	27	1,00	6	1,11	
6	1,08	3	0,96	30	0,86	12	0,68	12	0,68	13	0,86	38	1,00	22	1,11	
25	1,09	24	0,97	6	0,87	21	0,68	13	0,68	25	0,89	25	1,01	5	1,12	
34	1,10	26	0,97	10	0,87	31	0,68	22	0,68	28	0,89	3	1,02	8	1,14	
8	1,12	34	0,98	18	0,87	10	0,69	5	0,69	38	0,89	24	1,02	7	1,15	
30	1,12	31	0,99	27	0,87	15	0,69	6	0,69	14	0,90	34	1,02	13	1,16	
12	1,13	22	1,00	5	0,88	20	0,69	26	0,69	18	0,90	9	1,03	14	1,17	
24	1,13	28	1,00	34	0,88	22	0,70	7	0,70	37	0,90	21	1,03	26	1,17	

ORDENAMIENTO DE LOS FACTORES MENSUALES PARA LAS ESTACIONES
DE CONTROL MENSUAL

Hoja 2 de 2

Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre	
Esta- ción	Fac- tor	Esta- ción	Fac- tor	Esta- ción	Fac- tor	Esta- ción	Fac- tor	Esta- ción	Fac- tor	Esta- ción	Fac- tor	Esta- ción	Fac- tor	Esta- ción	Fac- tor
13	1,15	30	1,00	32	0,89	5	0,71	34	0,70	24	0,91	16	1,04	3	1,18
16	1,16	33	1,00	2	0,90	6	0,73	25	0,71	35	0,91	10	1,05	12	1,18
26	1,18	20	1,02	14	0,90	38	0,73	10	0,72	3	0,92	20	1,05	1	1,20
2	1,19	36	1,02	37	0,90	7	0,74	27	0,72	22	0,92	26	1,06	10	1,20
31	1,19	19	1,03	19	0,91	16	0,75	8	0,73	36	0,92	31	1,06	16	1,20
37	1,19	21	1,03	28	0,92	17	0,76	14	0,73	9	0,93	15	1,07	31	1,20
9	1,20	37	1,05	31	0,92	1	0,78	31	0,74	26	0,95	17	1,09	38	1,20
15	1,20	2	1,06	35	0,93	4	0,78	37	0,75	30	0,95	22	1,09	9	1,21
21	1,22	15	1,08	23	0,95	32	0,78	9	0,78	19	0,98	32	1,09	24	1,21
1	1,25	13	1,09	21	0,98	9	0,79	15	0,79	34	0,98	37	1,09	2	1,23
20	1,25	9	1,10	12	0,99	3	0,80	16	0,80	8	1,00	8	1,10	27	1,23
33	1,26	12	1,11	20	0,99	8	0,80	38	0,80	16	1,00	33	1,10	34	1,25
39	1,26	38	1,11	4	1,00	27	0,81	2	0,83	15	1,01	36	1,10	37	1,24
4	1,31	35	1,14	15	1,00	19	0,82	3	0,88	32	1,01	12	1,11	4	1,30
23	1,47	23	1,16	26	1,00	26	0,84	17	0,90	17	1,03	39	1,11	33	1,30
36	1,49	4	1,27	38	1,00	30	0,84	30	0,90	39	1,03	13	1,16	39	1,30
35	1,53	1	1,29	22	1,01	28	0,85	18	1,00	51	1,05	19	1,17	23	1,33
11	1,60	11	1,39	13	1,02	2	0,91	19	1,00	35	1,05	35	1,20	11	1,63
29	3,07	29	3,07	1	1,09	18	1,00	33	1,01	29	2,00	29	2,50	29	2,78

DISTRIBUCION DE LAS ESTACIONES DE CONTROL POR GRUPOS DE VARIACIONES
 No. ESTACIONES SIMILARES, DETERMINADOS RESPECTO DE LOS FACTORES PROMEDIO DE LA TABLA DE LA FIG. 29
 Hoja 1 de 2

Grupo 1 - Estaciones 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33
 34, 37, 38 y 39.

Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
(10) 0,96	(7) 0,82	(39) 0,74	(33) 0,55	(33) 0,55	(5) 0,76	(14) 0,95	(32) 1,01
(5) 0,97	(14) 0,82	(24) 0,75	(24) 0,58	(20) 0,61	(12) 0,76	(7) 0,98	(21) 1,05
(7) 0,99	(25) 0,85	(35) 0,75	(15) 0,59	(24) 0,61	(7) 0,79	(6) 0,99	(20) 1,08
(14) 1,00	(27) 0,85	(9) 0,76	(39) 0,59	(21) 0,63	(21) 0,70	(5) 1,00	(15) 1,09
(38) 1,00	(10) 0,88	(25) 0,78	(37) 0,60	(32) 0,64	(27) 0,79	(27) 1,00	(25) 1,09
(32) 1,04	(5) 0,89	(8) 0,79	(25) 0,66	(39) 0,65	(6) 0,81	(38) 1,00	(6) 1,11
(27) 1,05	(6) 0,91	(7) 0,80	(14) 0,67	(12) 0,68	(20) 0,81	(25) 1,01	(22) 1,11
(22) 1,07	(8) 0,93	(6) 0,87	(34) 0,67	(13) 0,68	(10) 0,83	(24) 1,02	(5) 1,12
(6) 1,08	(32) 0,94	(10) 0,87	(12) 0,68	(22) 0,68	(13) 0,86	(34) 1,02	(8) 1,14
(25) 1,09	(39) 0,95	(27) 0,87	(21) 0,68	(5) 0,69	(25) 0,89	(9) 1,03	(7) 1,15
(34) 1,10	(24) 0,97	(5) 0,88	(31) 0,68	(6) 0,69	(38) 0,89	(21) 1,03	(13) 1,16
(8) 1,12	(26) 0,97	(34) 0,88	(10) 0,69	(26) 0,69	(14) 0,90	(10) 1,05	(14) 1,17
(12) 1,13	(34) 0,98	(32) 0,89	(15) 0,69	(7) 0,70	(37) 0,90	(20) 1,05	(26) 1,17
(24) 1,13	(31) 0,99	(14) 0,90	(20) 0,60	(34) 0,70	(24) 0,91	(26) 1,06	(12) 1,18
(13) 1,15	(22) 1,00	(37) 0,90	(22) 0,70	(25) 0,71	(22) 0,92	(31) 1,06	(10) 1,20
(26) 1,18	(35) 1,00	(31) 0,92	(5) 0,71	(10) 0,72	(9) 0,93	(15) 1,07	(31) 1,20
(31) 1,19	(20) 1,02	(21) 0,98	(6) 0,73	(27) 0,72	(26) 0,95	(22) 1,09	(38) 1,20
(37) 1,19	(21) 1,05	(12) 0,99	(38) 0,73	(8) 0,73	(34) 0,98	(32) 1,09	(9) 1,21
(9) 1,20	(37) 1,05	(20) 0,99	(7) 0,74	(14) 0,73	(8) 1,00	(37) 1,09	(24) 1,21
(15) 1,20	(15) 1,08	(15) 1,00	(32) 0,78	(31) 0,74	(15) 1,01	(8) 1,10	(27) 1,23

Fig. 33 (continuación)

Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
(21) 1,22	(13) 1,09	(26) 1,00	(9) 0,79	(37) 0,75	(32) 1,01	(33) 1,10	(37) 1,24
(20) 1,25	(9) 1,10	(38) 1,00	(8) 0,80	(9) 0,78	(39) 1,03	(12) 1,11	(34) 1,25
(33) 1,26	(12) 1,11	(22) 1,01	(27) 0,81	(15) 0,79	(31) 1,05	(39) 1,11	(33) 1,30
(39) 1,26	(38) 1,11	(13) 1,02	(26) 0,84	(38) 0,80	(33) 1,05	(13) 1,16	(39) 1,30
Grupo II - Estaciones 1, 4, 23, 35 y 36							
(1) 1,25	(36) 1,02	(36) 0,80	(23) 0,50	(35) 0,49	(4) 0,58	(4) 0,88	(36) 1,07
(4) 1,31	(35) 1,14	(35) 0,93	(35) 0,50	(23) 0,55	(23) 0,59	(1) 1,00	(35) 1,09
(23) 1,47	(23) 1,16	(23) 0,95	(36) 0,63	(36) 0,57	(1) 0,67	(23) 1,00	(1) 1,20
(36) 1,49	(4) 1,27	(4) 1,00	(1) 0,78	(1) 0,60	(35) 0,91	(36) 1,10	(4) 1,30
(35) 1,53	(1) 1,29	(1) 1,09	(4) 0,78	(4) 0,65	(36) 0,92	(35) 1,20	(23) 1,33
Grupo III - Estaciones 2, 3, 16, 17, 18, 19, 28 y 30							
(18) 0,98	(17) 0,78	(16) 0,72	(16) 0,75	(16) 0,80	(2) 0,82	(28) 0,89	(28) 0,89
(17) 0,99	(18) 0,80	(17) 0,75	(17) 0,76	(2) 0,83	(28) 0,89	(18) 0,90	(30) 0,99
(28) 1,01	(16) 0,87	(3) 0,80	(3) 0,80	(3) 0,88	(18) 0,90	(30) 0,94	(18) 1,00
(3) 1,03	(3) 0,96	(30) 0,86	(19) 0,82	(17) 0,90	(3) 0,92	(2) 0,99	(19) 1,00
(19) 1,03	(28) 1,00	(18) 0,87	(30) 0,84	(30) 0,90	(30) 0,95	(3) 1,02	(17) 1,09
(30) 1,12	(30) 1,00	(2) 0,90	(28) 0,85	(18) 1,00	(19) 0,98	(16) 1,04	(3) 1,18
(16) 1,16	(19) 1,03	(19) 0,91	(2) 0,91	(19) 1,00	(16) 1,00	(17) 1,09	(16) 1,20
(2) 1,19	(2) 1,06	(28) 0,92	(18) 1,00	(28) 1,01	(17) 1,03	(19) 1,17	(2) 1,23

Se observa que para los meses de septiembre-octubre del Grupo II y noviembre del Grupo III, los rangos son ligeramente mayores que 0,30. No obstante fueron incluidas en dichos grupos por las mismas razones usadas en conexión con la agrupación de las estaciones permanentes dentro del rango 0,20.

Las estaciones de control estacional que no cayeron en ninguno de los grupos predominantes de las estaciones permanentes fueron las Nos. 11 y 29. Las razones, no siempre son evidentes, algunas de estas razones podrían ser la existencia de grupos de patrones adicionales; otras podrían ser debido a factores locales o regionales, tales como áreas de recreo, campos de juego, o actividades que determinarían movimientos específicos de tránsito. Sin embargo, este tipo de movimiento son muy limitadas en extensión. Las estaciones señaladas en las observaciones fueron de estricta significación local y representan en extensión un kilometraje muy reducido.

Fig. 34. EJEMPLO DEL METODO PARA ASIGNAR LAS ESTACIONES DE CONTROL ESTACIONAL A UN DETERMINADO GRUPO DE ESTACIONES PERMANENTES (SE COMPARAN LOS FACTORES MENSUALES DE LAS ESTACIONES DE CONTROL CON LOS FACTORES PROMEDIO MENSUALES DE LAS ESTACIONES PERMANENTES)

Mes	Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	E.P.	E.C.	E.P.	E.C.	E.P.	E.C.	E.P.	E.C.	E.P.	E.C.	E.P.	E.C.	E.P.	E.C.	E.P.	E.C.
ESTACION 5	1.11	0.97	0.97	0.89	0.88	0.88	0.71	0.71	0.71	0.69	0.89	0.76	1.03	1.00	1.19	1.12
DIFERENCIAS	0.14		0.08		0.00		0.00		0.02		0.13		0.03		0.07	
ESTACION 18	1.11	0.98	0.97	0.80	0.88	0.87	0.71	1.00	0.71	1.00	0.89	0.90	1.03	0.90	1.19	1.00
DIFERENCIAS	0.13		0.17		0.01		0.29		0.29		0.01		0.13		0.19	

E.P. = Factor promedio mensual de estaciones permanentes.
 E.C. = Factor mensual de las estaciones de control.