

Influencia de los reductores de velocidad en la capacidad y tiempo de recorrido en carreteras de dos canales. Carretera Mérida – El Vigía (Panamericana)

Influence of speed humps in the capacity and the time of run in Mérida – El Vigía two-lane road (Panamericana)

Olarte, Marisela *; Casanova, Leonardo; Pérez, Linda; Valero, María Gabriela
Escuela de Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes
*molarte@ula.ve

Resumen

Una de las motivaciones encontradas por los investigadores para la realización de este trabajo surge a raíz de la notoria proliferación de los reductores de velocidad, tipo resalto no sólo en el Estado Mérida, sino a lo largo de todo el territorio Nacional. Es importante destacar que no existe registro alguno de estudios anteriores sobre este tema. El estudio tiene como objetivo aplicar algunos parámetros válidos para determinar la influencia de los reductores de velocidad tipo resalto en la capacidad, tiempo de recorrido e intervalos vehiculares, en un tramo de carretera de dos canales, específicamente en un reductor ubicado en un tramo de la carretera Mérida- El Vigía del Estado Mérida. Se empleó metodología apoyada en la recolección de datos por medio de conteos manuales, los cuales considerando ciertas variables, a través de técnicas y métodos estadísticos permitieron determinar el tiempo de demora e influencia del reductor en la capacidad del tramo estudiado.

Palabras clave: reductor, tiempo recorrido, tiempo de demora, estadística descriptiva, bondad de ajuste

Abstract

The objective of this paper is to find out the influence of speed humps in the capacity, time of run and vehicle intervals in a specific hump located in Mérida – El Vigía road, which is a two-lane road in Mérida State. The methodology used is based on collecting data by a manual counting device which considering certain variables through statistical techniques and methods, allowed to find out the time of delay and the influence of speed humps in the capacity of the span under study. It was possible to confirm that the loss of time is high and it increases considerably with the number of speed humps.

Palabras clave: speed hump, time of run, time of delay, descriptive statistics, goodness of fit

1 Introducción

Venezuela cuenta con una red de carreteras e infraestructura vial adaptada a los diversos relieves y en el cual transitan millones de usuarios diariamente, bien sea entre estados, o dentro de los mismos.

Desafortunadamente en forma recurrente se producen accidentes automovilísticos en las vías, siendo las causas de ellos por imprudencia de los conductores, mal estado en la vía, consumo de alcohol, sustancias estupefacientes, exceso de velocidad de hechos fortuitos, que causan accidentes y las subsecuentes lesiones a los viajeros y/o numerosas pérdidas humanas y materiales.

Una reciente alternativa para disminuir los accidentes, es la colocación de reductores de velocidad, sin embargo, resulta contraproducente ya que se cree disminuye la capacidad de la vía, aumenta el tiempo de recorrido que se tiene estipulado para transitarla y perjudica no solo las condiciones físicas de los vehículos, sino también propician actos vandálicos, gastos excesivo de combustible así como la última modalidad de actos de baja calidad humana.

El manejo de esta alternativa vial ha favorecido la construcción e intalación de reductores de velocidad sin ninguna condicion técnica, para lo cual el *Manual Interamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras* [*], especifica que los mismos deben contar con diversas características geométricas y de diseño,

así como normativas que regulen las dimensiones que deben tener los mismos, lugar de ubicación y justificación para su instalación.

En Venezuela y en particular en el Estado Mérida, ninguna Institución se encarga de controlar la colocación de estos elementos estructurales, dando como resultado, que cualquier ciudadano que desee instalar un “policía acostado” lo hace a libre albedrío. En este sentido, de acuerdo a la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre [**], expone claramente la prohibición de los reductores de velocidad con posibles excepciones.

El presente trabajo se centra en utilizar la técnica de medición Tiempo Vs distancia, con la finalidad de determinar la variación en el tiempo de recorrido, mediante mediciones de intervalos vehiculares en el reductor en estudio, determinar la influencia de los reductores de velocidad tipo resalto en la capacidad y tiempo de recorrido en carreteras de dos canales, usando técnicas estadísticas para el soporte de los resultados.

Consideraciones generales

El desarrollo de la investigación fue aplicado en uno de los veintiocho (28) reductores de velocidad existentes en la carretera que se encuentra ubicado en la zona de Los Araques aproximadamente a 29.5 Km del municipio Campo Elías del Estado Mérida. Los días escogidos para el muestreo fueron viernes 16/12/11 y sábado 17/12/11, en horario comprendido entre 12 am y 6 pm., permitiendo obtener la siguiente información; tiempo de recorrido del vehículo para así poder determinar la velocidad promedio de recorrido, definida como la longitud de un tramo de vía dividida por el promedio de los tiempos de recorrido de los vehículos y el intervalo H definido como el tiempo en segundos transcurridos entre el paso de dos vehículos consecutivos por un punto fijo de la vía.

2 Tipo de Investigación

La investigación se considera de tipo exploratorio (Hernández y col., 2006), dado que se carece de información suficiente y de conocimiento previo del objeto de estudio, por lo que resulta adecuado que la formulación inicial del problema sea incipiente y se partirá de supuestos básicos, tales como tamaño de población, errores de mediciones mínimos, distracciones generadas por los investigadores hacia los conductores.

3 Diseño de la Investigación

Se trata de una investigación de campo, los datos primarios son obtenidos a través del registro de datos, esenciales para el logro de los objetivos y vislumbrar el problema planteado. Es una investigación de tipo documental debido a que también se sigue un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos se-

cundarios obtenidos y registrados en fuentes documentales, cuyo propósito es el aporte de nuevos conocimientos.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, con un diseño transversal de campo, debido a que es un estudio cuyo propósito es obtener información en tiempo real sobre la influencia de los reductores de velocidad en la capacidad de la vía y tiempo de recorrido, en carreteras de dos canales, en el que el investigador se sumerge en el medio, para el presente estudio se realizó en la carretera Mérida – El Vigía (Panamericana) ((Hernández y col., 2006),

Es un caso multivariante, ya que contempla variables como la capacidad de la vía generada por el reductor y variación tiempo de recorrido para transitarla, ubicación del reductor, tiempo de recolección de datos, entre otras. (Selltiz 1980)

Población

En este estudio la población está compuesta por todos los reductores de velocidad que existen en la carretera Mérida – El Vigía. (Olarte 2004)

Muestra

Para la muestra se eligió un reductor de velocidad localizado en el sector Los Araques ubicado a 29.5 Km del municipio Campo Elías del Estado Mérida por las características propias del sitio, se procedió a la recolección de los datos mediante la técnica de conteo manual, utilizándose recursos como: cronómetro, planillas de medición, cinta métrica, y los recolectores, en cuatro puntos espaciados cada cincuenta metros antes y después del reductor, para una cantidad determinada de vehículos que transitaban aleatoriamente por la misma durante las horas y lapsos previamente descritos.

Para la realización de este cálculo se utilizó el estudio elaborado por el profesor Casanova, L (2009), el cual arrojó un Tráfico Diario Promedio (TDP) de 8625 Vehículos/día. Considerando 6 horas por día, y un tránsito aproximado de 8625 por día, entonces como tamaño población (N) se tomará 2156, proporcional al intervalo de tiempo contemplado, apoyados en la distribución de Poisson. (Olarte 2004)

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (1)$$

$n = \text{tamaño de la muestra}$

$N = \text{Tamaño de la población}$

$Z_{\alpha} = 1.96$ (95 % de Confianza)

$p = 0.95$ (probabilidad de que una autopase) $q = 1 - p$

$d = 5\%$ (nivel de significación)

$$q = 1 - p = 1 - 0.95$$

$$q = 0.05$$

$$n = \frac{2156 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.05^2 * (2156 - 1) + 1.96^2 * 0.95 * 0.05}$$

$$n = \frac{393.42}{5.5699} = 70.63 = 71 \text{ veh\u00edculos}$$

El tama\u00f1o de la muestra m\u00ednima a utilizar es de 71 veh\u00edculos. (Montgomery y col., 1998)

Metodolog\u00eda a emplear en el estudio del reductor de velocidad

Factores a considerar para la realizaci\u00f3n del presente estudio

La poblaci\u00f3n presente para esta investigaci\u00f3n consta de veintiocho reductores de velocidad, sin embargo la muestra estuvo conformada por un solo reductor, el cual presenta las siguientes dimensiones: ancho 1.45 m, alto 0.080m y largo 9.60.

Para la escogencia de dicho reductor se tomaron en cuenta los siguientes factores:

El reductor deb\u00eda estar ubicado en un segmento de la carretera donde s\u00f3lo se encontrar\u00e1n dos canales, uno por cada sentido para, as\u00ed, poder evitar los adelantamientos.

El reductor deb\u00eda estar ubicado en una zona topogr\u00e1fica donde la pendiente fuese 0%.

La separaci\u00f3n entre los reductores cercanos a la muestra deb\u00eda ser una distancia prudencialmente lejana para as\u00ed poder observar libremente la velocidad promedio de recorrido de los veh\u00edculos en cada punto a estudiar. En nuestro caso, el reductor m\u00e1s cercano a la muestra se encontraba a 1800 m.

La zona donde se encontrara el reductor no pod\u00eda ser una zona muy poblada para as\u00ed evitar la distracci\u00f3n de los conductores.

Mediciones realizadas a la muestra.

Pasos para el marcado de los puntos sobre el pavimento:

Se tom\u00f3 como punto de referencia el reductor de velocidad siendo este el punto 0.

Luego se procedi\u00f3 a marcar cuatro puntos separados cada cincuenta metros, es decir el punto 1 se encontraba a cincuenta metros del reductor, el punto 2 a cien metros, el punto 3 a ciento cincuenta metros y finalmente el punto 4 a doscientos metros del reductor.

-El marcaje de los puntos se realiz\u00f3 partiendo del punto 0 con direcci\u00f3n hacia la Ciudad de El Vig\u00eda, es decir a los veh\u00edculos que transitaban con sentido M\u00e9rida- Vig\u00eda, una vez alcanzado el punto 0 (reductor en estudio) se los observaba a la salida del reductor, y los veh\u00edculos que transitaban

con sentido El Vig\u00eda- M\u00e9rida se los observaba a la entrada al punto 0 (reductor en estudio). Procediendo por ende a tomar las mediciones respectivas en cada punto.

- Luego se procedi\u00f3 a realizar la recolecci\u00f3n de datos para obtener el tiempo de recorrido de los veh\u00edculos en los puntos: 1, 2, 3 y 4 en ambos sentidos este procedimiento se efectu\u00f3 con la finalidad de poder obtener la velocidad promedio de recorrido en cada punto mediante la utilizaci\u00f3n de ecuaci\u00f3n:

$$V = \frac{x}{t} \quad (2)$$

Donde:

V = Velocidad promedio de recorrido

x = 30mts (distancia de recorrido).

t = tiempo de recorrido obtenido en campo.

(Serway y col., 2002)

Procedimiento para la recolecci\u00f3n de los datos.

En cada punto se hizo una marcaci\u00f3n adicional en el pavimento ubicado a 15m de cada punto en ambos sentido para as\u00ed conformar una base de medici\u00f3n de 30m. Estos puntos se marcaron tomando como referencia el punto 0 (reductor de velocidad en estudio), por lo tanto el primer punto adicional se encontrar\u00eda ubicado a 35m, el segundo punto adicional a 65m, el tercero a 85m, el cuarto a 115m, el quinto a 135m, el sexto a 165m, el s\u00e9ptimo a 185m y finalmente el octavo a 215m del punto inicial.

Seguido, se ubic\u00f3 a una persona en el punto que se encontraba a 65m del reductor con una bandera y otra persona se ubic\u00f3 en el punto adicional que se encontraba a 35m del reductor con la planilla, un l\u00e1piz y un cron\u00f3metro; esto en el sentido El Vig\u00eda-M\u00e9rida.

Posicionadas las dos (2) personas se procedi\u00f3 a empezar los conteos con la condici\u00f3n de que la persona que portaba el cron\u00f3metro deb\u00eda colocar el mismo en cero; mientras que la persona que se encontraba con la bandera deb\u00eda levantarla justo en el instante en el que las ruedas delanteras del veh\u00edculo tocaban el punto adicional(65mts) para que en ese instante la otra persona activara el cron\u00f3metro y lo detuviera justo cuando las mismas ruedas delanteras del veh\u00edculo en marcha tocara el punto adicional que se ubicaba a 35m del punto en referencia. El tiempo que marcaba el cron\u00f3metro era el tiempo que se anotaba en la planilla. Repiti\u00e9ndose hasta alcanzar la cantidad requerida.

En el mismo sentido se repiti\u00f3 el procedimiento para los dem\u00e1s puntos, donde la persona con la bandera se ubicaba en el punto adicional que se encontraba a 115m (Punto 2), a 165m (Punto 3) y a 215m (Punto 4) y la persona con el cron\u00f3metro se ubicaba en el punto que se encontraba a 85m (Punto 2), a 135m (Punto 3) y a 185m (Punto 4) del reductor en estudio.

- Para el sentido Mérida- El Vigía se realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito, con la diferencia que la persona que tenía que levantar la bandera se ubicaba en los puntos adicionales que se encontraban a 35m (Punto 1), a 85m (Punto 2), a 135m (Punto 3) y a 185m (Punto 4) del reductor en estudio; y la persona con el cronómetro se encontraba en los puntos adicionales situados a 65m (Punto 1), a 115m (Punto 2), a 165m (Punto 3) y a 215m (Punto 4) con respecto al eje de referencia (Punto 0). (Ver Figura 1)

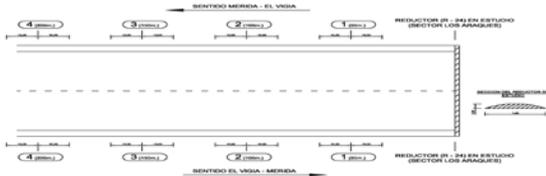


Fig. 1. Marcaje realizado en el pavimento

Finalmente Se procedió a realizar las mediciones de los intervalos, entendiéndose por intervalos el tiempo en segundos transcurridos entre el paso de dos vehículos consecutivos por un punto de una vía. Para realizar dichas mediciones, se realizó el siguiente procedimiento para los puntos 0, 1, 2, 3 y 4 tanto para el sentido Mérida- El Vigía como para el sentido El Vigía- Mérida:

-Se ubicaron dos personas en cada punto, la primera persona tenía un cronómetro, la segunda persona contaba con una planilla y un lápiz para proceder a registrar los tiempos. Se iniciaba el conteo encendiendo el cronómetro y el mismo era activado cada vez que las ruedas delanteras de un vehículo tocaban el punto en estudio, una vez registrado el tiempo se procedía a llenar la planilla.

-Se repitió durante las 6h consecutivas.

Es importante resaltar que el cronómetro se desactivaba en los siguientes casos:

-Cuando un vehículo adelantaba a otro.

-Cuando los vehículos se dispersaban del flujo vehicular.

-Cuando los conductores de los vehículos realizan actividades que hacían afectar el libre flujo vehicular por la vía. Por ejemplo: estacionarse en el reductor de velocidad a comprar algún producto que un vendedor o vendedora se encontrara ofreciendo en ese instante.

Procesamiento de datos

Con los datos recolectados en las planillas de registro se realizó inicialmente una totalización de vehículos tanto para el estudio de velocidades como para el estudio de intervalos vehiculares.

Para este caso se realizó la depuración de los datos de todo tipo de vehículo que no fuese considerado vehículo particular, es decir, vehículos de carga pesada (camiones, transporte público, pesado, etc.) pero tomando en cuenta el

tamaño de la muestra mínima previamente calculado. Esto se logró hacer ya que las planillas llenadas en campo contaban con la información del tipo de vehículo.

Velocidades Promedio de recorrido

Seguido se realizó un análisis descriptivo de los datos para estudiar la tendencia de los mismos. Es importante señalar que las velocidades promedio al llegar al reductor, reducen sustancialmente hasta considerarse cero (0) en el reductor. Luego se hizo una prueba Chi- Cuadrado para comprobar que las velocidades siguen una distribución normal, este procedimiento se le aplicó a todos los puntos en sentido Mérida- El Vigía.

Tabla 1 Distribución de frecuencias para velocidades punto 1. Mérida- El Vigía

CLASE	fi =Oi	fri	Fi
[25.41-29.89)	8	0.10	8
[29.89-34.37)	18	0.23	26
[34.37-38.85)	24	0.30	50
[38.85-43.33)	16	0.20	66
[43.33-47.81)	9	0.11	75
[47.81-52.29)	2	0.03	77
[52.29-56.77)	2	0.03	79
[56.77-61.25]	1	0.01	80

La prueba de Bondad de ajuste χ^2 se realizó mediante la técnica estadística del contraste de hipótesis. (Navidi 2006)

Hipótesis:

H_0 : Los Datos siguen una distribución Normal con

$\mu = 37.26$ y $\sigma = 6.66$

H_1 : Los Datos no siguen una distribución Normal

Nivel de Significancia: 0,05

Estadístico de Prueba:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{8}$$

Donde:

E_i : Frecuencia esperada .

O_i : Frecuencia observada

$$E_i : (\sum O_i) * p_i \tag{4}$$

P_i : Probabilidad de que las observaciones pertenezcan a la clase i.

Región crítica:

Rechazar H_0 : si y solo si, el valor calculado es mayor que un χ_{k-1-m}^2

k: Número de clases que tiene la distribución de Frecuencias.

m: Número de parámetros que se estimaron de la distribución a contrastar. En este caso se están estimando la media y la desviación $m=2$.

Cálculo de probabilidades

$$P_1(x \leq 29.89) = P\left(z \leq \frac{29.89 - 37.26}{6.66}\right) = P(z \leq -1.11) = 0.1335$$

Siguiendo el mismo procedimiento se encuentran todas las probabilidades.

En los casos donde la frecuencia absoluta es menor a cinco (5), la prueba pierde contundencia, por lo tanto es necesario agruparlas.

Tabla 2. Agrupación de frecuencias menores a 5

CLASE	fi =Oi	pi
[25.41-29.89)	8	0.1335
[29.89-34.37)	18	0.2001
[34.37-38.85)	24	0.2612
[38.85-43.33)	16	0.2238
[43.33-47.81)	9	0.1243
[47.81-61.25]	5	0.0618
	80	1

El valor de $E_i=p_i*n$ para cada intervalo y también se calcula el estadístico de la siguiente manera:

$$x_{ei}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{5}$$

$$x_{ei}^2 = \frac{(8 - 10.68)^2}{10.68}$$

$$x_{ei}^2 = 0.89780000$$

Tabla 3. Cálculo del estadístico Chi-cuadrado

CLASE	fi =Oi	pi	Ei	x_{ei}^2
[25.41-29.89)	8	0.1379	10.68	0.89780000
[29.89-34.37)	18	0.1957	16.01	0.22000556
[34.37-38.85)	24	0.2574	20.90	0.40041667
[38.85-43.33)	16	0.2196	17.90	0.22562500
[43.33-47.81)	9	0.1276	9.94	0.09817778
[47.81-61.25]	5	0.0618	4.58	0.03528000
	80	1	$Xc^2 =$	1.88

El valor tabulado es de $x_{0.005;8}^2 = 7.81$

Conclusión:

Como el $x_c^2 = 1.88 < x_{0.005;8}^2 = 7.81$ se decide aceptar H_0 ; por lo que concluimos que los datos se comportan como una distribución normal con $\mu = 37.26$ y $\sigma = 6.66$, y un nivel de significancia de 0.05.

Este procedimiento se realizó para los puntos 1, 2, 3,4 sentido Mérida-El Vigía. Se comprobó que las velocidades siguen una distribución normal y que las velocidades van descendiendo a medida que llegan al reductor. Similar procedimiento se realizó para el sentido El Vigía-Mérida e igualmente las velocidades en los cuatro (4) puntos se comportaron normalmente y fueron aumentando a medida que se alejaban del reductor.

Tabla 4. Resumen datos MERIDA - EL VIGIA

Punto	Velocidad (Km/h)	Velocidad (m/seg)	A (m/s ²)	T (seg)
0	0	0		
1	37.26	10.35	1.07	9.67
2	46.63	12.95	0.61	4.26
3	49.25	13.68	0.19	3.84
4	53.83	14.95	0.36	3.53
			$\Sigma t_1 =$	21.30

Tabla 5. Resumen EL VIGIA – MERIDA

Punto	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/seg)	a (m/s ²)	t (seg)
0	0	0		
1	44.31	12.31	-1.52	8.1
2	53.3	14.81	-0.68	3.68
3	64.93	18.04	-1.06	3.05
4	74.59	20.72	-1.04	2.58
$\Sigma t_2 =$				17.41

Análisis para tiempo de recorrido de los vehículos.

Análogamente se realizaron estadísticas descriptivas y los datos mostraron una tendencia exponencial.

Se realizó la prueba de bondad de ajuste Chi - Cuadrado para determinar la distribución de los datos, mediante la técnica estadística del contraste de hipótesis para lo cual se llegó a la conclusión de que los datos siguen una distribución exponencialnegativa para el sentido Mérida-El Vigía, es decir los tiempos de llegada de los vehículos en los puntos 4, 3, 2, 1, 0 desciende notablemente. Ahora bien para el sentido El Vigía-Mérida los tiempos entre llegadas muestran una tendencia a exponencial positiva, aumentan a medida que se alejan del reductor.

$$T_t = \Sigma t_1 + \Sigma t_2 = 21.30 \text{ seg} + 17.41 \text{ seg} = 38.71 \text{ seg} \quad (6)$$

Comparación de las velocidades medias en los puntos más alejados (Punto 4) del reductor en ambos sentidos. [5]

Punto 4 (M-EV) – punto 4 (EV-M)

Codificación:

1= sentido Mérida- El Vigía

2= sentido El Vigía-Mérida

$$v = 9.4 \frac{\text{km}}{\text{h}} S_2 = 13.28 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\alpha = 0.05 \quad \text{por lo tanto} \quad Z_{0.05} = -1.96$$

Planteamiento de hipótesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

Estadística de Prueba:

$$\sigma \Delta \bar{x} = \sqrt{\frac{9.4^2}{80} + \frac{13.28^2}{80}}$$

$$\sigma \Delta \bar{x} = 1.82 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$Z_c = \frac{-20.76 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{1.82 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = -11.41$$

Decisión:

$Z_c = -11.41 < Z_{0.05} = -1.96$ Se rechaza H_0 ; es decir la velocidad del punto 4 en el sentido Mérida – El Vigía es menor que la velocidad del punto 4 en el sentido El Vigía - Mérida. Significa que la velocidad que trae el carro a los 200m., antes de llegar al reductor, no es alcanzada a los 200m., luego de rebasarlo. (Olarte 2004)

Determinación de la variación del tiempo de recorrido (Tiempo de demora):

Caso a.- Considerando la presencia del reductor de velocidad. (Hibbeler 2004)

$$D = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 * a} \quad (9)$$

$$a = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 * D} \quad (10)$$

$$V_2 = V_1 + a * t \quad (11)$$

$$t = \frac{V_2 - V_1}{a} \quad (12)$$

Tabla 6. Resumen de los cálculos de aceleración y tiempos

EL VIGIA - MERIDA				
Punto	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/seg)	a (m/s ²)	t (seg)
0	0	0		
1	44.31	12.31	-1.52	8.1
2	53.3	14.81	-0.68	3.68
3	64.93	18.04	-1.06	3.05
4	74.59	20.72	-1.04	2.58
$\Sigma t_2 =$				17.41

Caso b.- No considerando la presencia del reductor. (Briceño, j, Casanova 1984)

$$T_{400m} = \frac{D}{V} = \frac{400\text{ m}}{20.72\text{ m/seg}} = 19.31\text{ seg} \quad (13)$$

Así por ultimo obtendremos el tiempo de demora:

$$T_p = T_t - T_{400m} = 38.71\text{ seg} - 19.31\text{ seg} = 19.40\text{ seg} \quad (14)$$

Determinación de la capacidad Punto 0 (Reductor objeto de estudio)

El cálculo de la capacidad de la vía se realizó en el punto 0 ya que es el punto en el que se encuentra ubicado el reductor en estudio, siendo este, el factor influyente en la variación de dicha capacidad.

Sentido Mérida – El Vigía

$$C_1 = \frac{3600}{\bar{x}_{fi}} \quad (15)$$

Donde:

C = Capacidad

\bar{x}_{fi} = Promedio con mayor cantidad de datos

Tabla 7. Distribución agrupación datos

CLASE	fi
[2.43 - 4.55)	36
[4.55 - 6.67)	13
[6.67 - 8.79)	11
[8.79 - 10.91)	6
[10.91 - 13.03)	5
[13.03 - 15.15)	2
[15.15 - 17.27)	1
[17.27 - 19.39]	1

$$\bar{x}_{fi} = \frac{2.43\text{seg} + 2.45\text{seg} + 2.54\text{seg} \dots + 4.54\text{seg}}{36} = 3.60\text{seg} \quad (16)$$

$$C_1 = \frac{3600}{3.60} = 999.07 \frac{\text{veh}}{\text{h}} \quad (17)$$

Tabla 8. Distribución Sentido El Vigía - Mérida

CLASE	fi
[0.95 - 4.36)	30
[4.36 - 7.77)	19
[7.77 - 11.18)	13
[11.18 - 14.59)	7
[14.59 - 18.00)	4
[18.00 - 21.41)	1
[21.41 - 24.82)	1
[24.82 - 28.23]	1

$$\bar{x}_{fi} = 3.67\text{seg}$$

$$C_2 = \frac{3600}{3.67} = 980.93 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$C_{prom} = \frac{C_1 + C_2}{2} = \frac{999.07 + 980.93}{2} = 990 \frac{\text{veh}}{\text{h}} \quad (18)$$

Tomando 1700 veh/h del manual de Capacidad en carreteras, año 2010, una regla de tres simple,

$$1700 \frac{\text{veh}}{\text{h}} \rightarrow 100\% \quad (19)$$

$$x = 58\%$$

El cálculo de la capacidad de la vía en el punto 0 donde se encuentra ubicado el reductor de velocidad y objeto para la presente investigación como factor influyente en la variación de velocidad de los vehículos que transitan por carreteras con obstáculos, en ambos sentidos, demuestra que la capacidad en este punto es de 990 veh/h por sentido, reduciéndose la capacidad en un 42% con respecto a la capacidad en condiciones ideales, es decir sin reductores de velocidad.

Conclusiones y recomendaciones

El análisis práctico del reductor puede resultar disociado de la realidad si tratamos de compaginar la teoría con las condiciones tan variadas encontradas en la geometría de las vías y en sus corrientes de tráfico.

El tiempo de viaje aumenta debido a la presencia del reductor de velocidad, originando un tiempo de demora de 19.40 s. sólo para el reductor a la cual se le realizó el estudio, pero considerando que a lo largo de la vía hay veintiocho reductores de velocidad, se podría decir que aproximadamente el tiempo total de retraso en todo el tramo es de 543.2 s, es decir 9 minutos más que lo que se tiene estipulado para el tiempo de viaje, resaltando el termino aproximado por cuanto los veintisiete reductores restantes en la carre-

tera no presentan las mismas condiciones al reductor estudiado y adicionalmente hay tramos donde además de encontrarse reductores tipo resalto también hay bandas sonoras.

Al estudiar las velocidades en los puntos extremos tanto para la llegada como para la salida del reductor nos permite inferir que el tiempo de pérdida sea mayor ya que los vehículos cuando se encuentran en el punto más alejado (200 m. del reductor objeto de estudio) no logran alcanzar la velocidad de marcha que traían a la misma distancia antes de alcanzar el reductor.

Con las mediciones de intervalos vehiculares se pudo determinar que la capacidad en el punto 0 (Reductor de Velocidad) es de 990 veh/h por sentido. Sin embargo tomando en consideración lo señalado en el Manual de Capacidad de Carreteras Americano del año 2010, el cual establece que la capacidad en condiciones ideales puede llegar a 1700veh/h por sentido, se puede concluir que la influencia generada por el reductor en la capacidad de la vía viene relacionada con la disminución de la misma en un 42% aproximadamente

Al comienzo de esta investigación la carretera Mérida – El Vigía contaba con la presencia de veinte reductores de velocidad y para la culminación del mismo se observó una población de veintiocho reductores, lo cual nos permite concluir que la proliferación de los mismos en zonas no permitidas es mayor cada día.

La reducción de velocidad hasta llegar al reductor y la potencia para volver a tomar la velocidad que se traía, representa una pérdida de combustible y desgaste de los vehículos que transitan con mayor frecuencia por carreteras con este tipo de obstáculos.

Específicamente en el tramo objeto de estudio de esta investigación, de los veintiocho reductores se registraron solo tres avisos de señalización, y aun siendo esto de conocimiento público ningún ente competente hace algo para retirarlos.

Se recomienda la realización de estudios relacionados con reductores de velocidad, tomando como base la metodología seguida en la presente investigación pero variando los factores que acá se consideraron para así lograr un estudio complementario acerca de esta problemática vial.

Se sugiere hacer extensiva la presente información para que las autoridades competentes puedan aplicar las leyes y regular el uso y abuso de los reductores de velocidad en carreteras de mediano y alto tráfico.

Referencias bibliográficas

[*]Manual Interamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras. 3era edición. Dirección de medios, publicaciones y R.R.P.P (Universidad de Carabobo), Valencia- Venezuela (1995)

[**]Ley de tránsito Terrestre con los Artículos 51, 52, 59 (Capítulo V, De la Circulación) y 62 (Capítulo VI, De la Seguridad y Educación Vial).

Briceño L, Casanova R, 1984 Problemario de Física General. Cuaderno N° 1. Vectores y Cinemática

Hernández R, Fernandez C, Baptista P, 1996, Metodología de la investigación. 2006. pp. 51

Hibbeler R, 2004. *Mécanica Vectorial para ingenieros. Dinámica.* Editorial Prentice Hall. Décima Edición.

Montgomery D, Runger G, 1998 *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería.*

Navidi W, 2006. *Estadística para Ingenieros.*

Olarte M, 2004. *Problemas resueltos y propuestos. Trabajo presentado para ascender a la categoría de profesor Agregado.* 1992

Selltiz, 1980. *Investigación exploratoria.*

Consulta

<http://gerenciafinancieragrupo5.blogspot.com/p/contenido.html>

Serway R, Beichner R, 2002 Tomo I. *Física para Ciencias e Ingeniería.* Editorial McGrawHill. Quinta edición.

Recibido: 16 de Julio de 2014

Aceptado: 07 de febrero de 2016

Olarte, Marisela: Profesora asociado facultad de ingeniería. Escuela Básica. Departamento de Ciencias Aplicadas y Humanísticas.

Casanova, Leonardo: Profesor jubilado de la Facultad de Ingeniería. Escuela de Civil. Departamento de vías. Correo electrónico: Lnova@ula.ve ; leonardocasa@gmail.com

Pérez, Linda: Ingeniero Civil, Egresada de la Universidad de Los Andes. 2012. Correo electrónico: lindaperezmedina@hotmail.com

Valero M, María Gabriela: Ingeniero Civil, Egresada de la Universidad de Los Andes. 2012 Correo electrónico: mgvm@gmail.com