



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

ESTUDIO DEL IMPACTO DEL USO
DEL RADAR PEDAGÓGICO COMO
MEDIDA DE SEGURIDAD PARA
DISMINUIR LA VELOCIDAD DE
CIRCULACIÓN DEL FLUJO
VEHICULAR
LM-PI-USVT-007-2016

PREPARADO POR
Zamora-Herrera, Miguel
Zamora-Rojas, Javier
Solórzano-Murillo, Sandra
Jiménez-Romero, Diana
Loría-Salazar, Guillermo



programa de infraestructura
del transporte

San José, Costa Rica
Septiembre, 2016

USVT

Unidad de
Seguridad Vial y Transporte



ESTUDIO DEL IMPACTO DEL USO DEL RADAR PEDAGÓGICO COMO MEDIDA DE SEGURIDAD PARA DISMINUIR LA VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR, **INF-PI-USVT-007-16**

Zamora-Herrera, Miguel ¹; Zamora-Rojas, Javier ²; Solórzano-Murillo, Sandra ³; Jiménez-Romero, Diana ⁴ y Loria-Salazar, Luis Guillermo ⁵

1. Ingeniero Unidad Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR
2. Ingeniero Unidad Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR
3. Ingeniera Unidad Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR
4. Coordinadora Unidad de Seguridad y Transporte PITRA LanammeUCR
5. Coordinador General Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) LanammeUCR

Palabras Clave: PITRA, Radar pedagógico, Seguridad vial, señales con mensajes variables, velocidad de circulación, radar manual de velocidad, contadores neumáticos

Resumen: El presente informe presenta una propuesta de trabajo para cuantificar el impacto en la reducción de la velocidad de circulación que puede provocar el uso del radar pedagógico como una medida de seguridad vial en una vía urbana. Para cuantificar dicho impacto se compararán las velocidades de circulación obtenidas mediante un radar pedagógico, un radar manual y un contador neumático, antes y después de la colocación de la medida de seguridad vial.

Referencias

1. California Department of Transportation. (2000). An evaluation of dynamic curve warning system in the Sacramento river Canyon. California.
2. Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). The Handbook of road safety measures. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
3. Fonseca, D. (2014). Demarcación vial como medida de bajo costo para la disminución de la velocidad en carretera. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
4. Garper, N., & Srinivasan, S. (1998). Effectiveness of changeable message signs in controlling vehicle speeds in work zones. Virginia.
5. Magaña, J. (2014). Determinación de patrones típicos de distribución temporal de tránsito en Costa Rica. San José: Universidad de Costa Rica.
6. Mcgee, H., & Fred R, H. (2006). Low-Cost Treatments for Horizontal Curve Safety. Washington DC.
7. World Road Association. (2004). Road Safety Manual. Paris: R2ute Market.
8. Zuñiga, J., & Trejos, J. (2011). Conteos vehiculares. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14841620/conteos-vehiculares-mopt>



IMPACT STUDY OF THE USE OF A RADAR SPEED SIGN AS A MEASURE TO REDUCE THE SPEED OF VEHICLES, **INF-PI-USVT-007-16**

Zamora-Herrera, Miguel ¹; Zamora-Rojas, Javier ²; Solórzano-Murillo, Sandra ³; Jiménez-Romero, Diana ⁴ & Loria-Salazar, Luis Guillermo ⁵

1. *Ingeniero Unidad Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR*
2. *Ingeniero Unidad Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR*
3. *Ingeniera Unidad Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR*
4. *Coordinadora Unidad de Seguridad y Transporte PITRA LanammeUCR*
5. *Coordinador general Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) LanammeUCR*

Key words: PITRA, radar speed sign, road safety, variable message sign, vehicular speed, radar speed, pneumatic road tube counter.

Resumen: This report presents a proposal to study the impact of a radar speed sign as a road safety countermeasure to reduce the speed of vehicles in an urban road. A before and after speed study will be performed in order to quantify this impact. Speeds will be measured with the radar speed sign, as well as with a manual speed radar and a pneumatic road tube counter.

References

1. California Department of Transportation. (2000). An evaluation of dynamic curve warning system in the Sacramento river Canyon. California.
2. Elvik, R., Hoye, A., Vaa, T., & Sorensen, M. (2009). The Handbook of road safety measures. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
3. Fonseca, D. (2014). Demarcación vial como medida de bajo costo para la disminución de la velocidad en carretera. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
4. Garper, N., & Srinivasan, S. (1998). Effectiveness of changeable message signs in controlling vehicle speeds in work zones. Virginia.
5. Magaña, J. (2014). Determinación de patrones típicos de distribución temporal de tránsito en Costa Rica. San José: Universidad de Costa Rica.
6. Mcgee, H., & Fred R, H. (2006). Low-Cost Treatments for Horizontal Curve Safety. Washington DC.
7. World Road Association. (2004). Road Safety Manual. Paris: R2ute Market.
8. Zúñiga, J., & Trejos, J. (2011). Conteos vehiculares. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14841620/conteos-vehiculares-mopt>



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Zamora-Herrera, M; Zamora-Rojas, J; Solórzano-Murillo, S; Jiménez-Romero, D y Loria-Salazar, L.G. (2016). *Estudio del Impacto del Uso del Radar Pedagógico como Medida de Seguridad para Disminuir la Velocidad de Circulación del Flujo Vehicular, INF-PI-USVT-007-2016*. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos Específicos	3
3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
3.1. Alcances.....	3
3.2. Limitaciones	5
4. MARCO TEÓRICO	5
4.1. Estudio de velocidad	6
4.2. Casos de aplicación	10
5. DISEÑO DEL PROYECTO	14
5.1. Punto de estudio	14
5.2. Consideraciones importantes del sitio	14
5.3. Recolección de datos	15
5.4. Resultados	17
5.5. Análisis de resultados.....	18
6. Referencias Bibliográficas.....	19



1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años se ha vuelto necesario tomar acciones en carretera para intentar evitar los accidentes o disminuir la cantidad y severidad de los mismos, esto se puede lograr al ejecutar ciertas medidas de seguridad. Un tipo de medida de seguridad es el **uso de señales con mensajes variables**, el cual consiste en utilizar equipos que permitan desplegar algún tipo de mensaje como límites de velocidad permitidos, advertencias en caso de que se exceda dicho límite, condiciones peligrosas de la carretera, entre otras, con el objetivo de advertir y provocar un cambio en la forma de conducción.

La empresa ÉlanCité actualmente ofreció con fines de investigación un radar pedagógico a la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR. Por esta razón se plantea la presente propuesta de trabajo, para evaluar el impacto que puede tener dicho radar pedagógico al ser utilizado como una medida de seguridad vial de tipo señal con mensajes variables.

El radar pedagógico permite desplegar en una pantalla similar a la observada en la Figura 1 la velocidad de los vehículos, una señal de advertencia en caso de que se exceda el límite de velocidad y 5 mensajes editables, lo cual – según la empresa – permite reducir la velocidad de los conductores. Además de esto, permite generar una base de datos de las velocidades a la que circulan los vehículos y realizar una estimación de la cantidad de vehículos.

La colocación de una medida de este tipo puede llegar a tener un impacto positivo al reducir la velocidad de los vehículos y, por ende, los accidentes de tránsito. Por ejemplo, según McGee y Hanscom (2006) en California al colocar este tipo medida



se logró una reducción de 44 % en los accidentes en el primer año de colocación, y de 39 % en el segundo año.

Este estudio será insumo para la realización del Manual de Seguridad Vial que está siendo desarrollado por el PITRA-LanammeUCR, contribuirá tanto para la realización de la ficha técnica de este tipo de medida, como para la tercer parte del manual que corresponde a análisis de funcionalidad de una serie de medidas propuestas en el manual.



Figura 1. Radar pedagógico de la empresa ÉlanCité
Recuperada de: www.elancite.fr/en/products/evolys-radar-speed-sign/

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Cuantificar el impacto en la reducción de la velocidad de operación que puede provocar el uso del radar pedagógico como una medida de seguridad vial



mediante la comparación de las velocidades circulación obtenidas mediante el radar pedagógico, el radar manual y un contador neumático.

2.2. Objetivos Específicos

- Obtener las velocidades de circulación en el sitio de estudio mediante el radar pedagógico, el radar manual y el contador neumático.
- Obtener el flujo vehicular mediante el radar pedagógico y el contador neumático.
- Comparar la cantidad de vehículos estimada por el radar pedagógico y la obtenida mediante el contador.
- Evaluar las velocidad determinada por el radar pedagógico al comparar con velocidades obtenidas mediante un radar manual y un contador vehicular
- Comparar las velocidades de circulación obtenidas mediante radar pedagógico, el radar manual y el contador neumático **antes y después** de la colocación del radar pedagógico.

3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

3.1. Alcances

El punto de estudio se ubica en San Pedro de Montes de Oca, San José, específicamente el punto ubicado en Avenida 10, entre las calles 57 y 67. El lugar seleccionado se muestra en la Figura 2.



El tiempo de estudio planteado es de tres meses y medio, se realizarán mediciones de velocidad antes y después de la colocación del radar pedagógico como medida de seguridad. Esto se hará mediante el mismo radar pedagógico de la empresa ÉlanCité, un radar manual y un contador, los dos últimos propiedad del LanammeUCR.

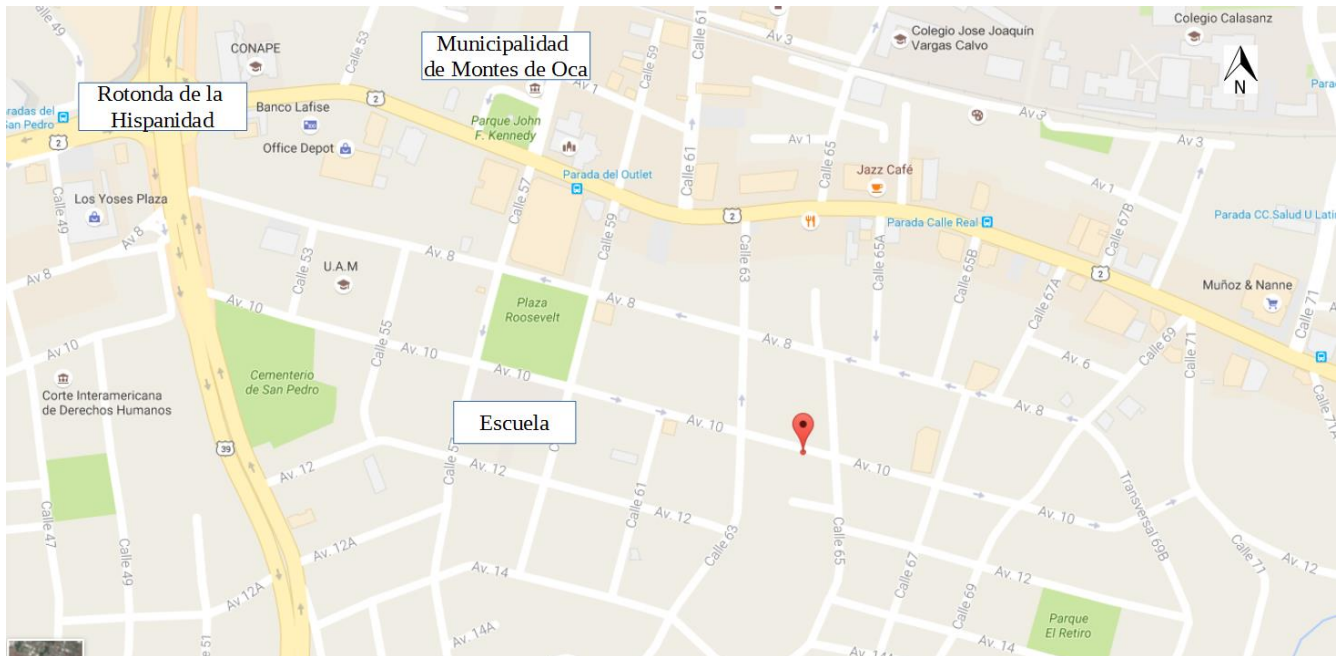


Figura 2. Ubicación del punto de estudio propuesto en San Pedro de Montes de Oca.

Antes de poner en funcionamiento el radar pedagógico en modo normal, se realizarán mediciones de velocidad (mediante el radar manual) en varios puntos a lo largo de 300 m antes del punto exacto de ubicación del radar pedagógico y de 200 m después. Una vez puesto en funcionamiento el radar pedagógico las mediciones se tomarán entre los 50 y 100 m antes del radar pedagógico, en un punto cercano al radar y entre los 50 y 100 m después.

Las mediciones mediante el radar manual se realizarán fuera de horas pico debido a que se requiere un flujo libre de vehículos. En el caso del contador y del radar



pedagógico registrarán las velocidades a lo largo del tiempo en el cual se encuentren en funcionamiento, sin embargo, el análisis del impacto de la medida para reducir las velocidades de operación se realizará solo para las velocidades fuera de las horas pico.

3.2. Limitaciones

La efectividad de este tipo de medidas se puede ver afectada debido a que los conductores se acostumbran, este efecto se puede llegar a dar después de los 3 meses en los cuales se va a realizar este estudio, por lo que no se podría cuantificar dicho efecto.

Una reducción en la velocidad de operación de los vehículos se puede ver afectada por condiciones climáticas o condiciones especiales en la carretera como algún tipo de accidente y no necesariamente por la medida colocada.

Pueden existir problemas en el cronograma de actividades debido a la disponibilidad de los equipos utilizados.

4. MARCO TEÓRICO

Para poder determinar si una medida de seguridad vial es efectiva se debe de efectuar un análisis o estudio antes y después de la colocación de la medida, este análisis se puede realizar al comparar la cantidad y severidad de accidentes en un sitio específico antes y después de la colocación de la medida, sin embargo, para hacerlo de esta manera sería necesario varios años debido a que se requiere obtener muestras representativas. Es necesario poder cuantificar el impacto de una medida de seguridad vial mediante otras maneras en las cuales no se

Informe LM-PI- USVT-007-16	Fecha de emisión: 30 de septiembre de 2016	Página 5 de 23
----------------------------	--	----------------



requiera de tanto tiempo, una de estas maneras es al realizar un estudio de velocidad antes y después de la colocación.

4.1. Estudio de velocidad

Consiste en la obtención de muestras de velocidad en un punto específico de la carretera para determinar la distribución de velocidades y calcular algunos parámetros estadísticos que permitan determinar aspectos como:

- La velocidad de operación del sitio, la cual equivale al percentil 85.
- El cumplimiento o no de los límites de velocidad.
- Eficiencia de la colocación de medidas de seguridad o la necesidad de colocar otras medidas.

Para realizar mediciones de velocidad es posible utilizar varios equipos, para el presente estudio se van a utilizar tres equipos, uno manual y dos automáticos. A continuación se explica la función específica en el proyecto y algunos cuidados de la utilización cada uno de estos equipos.

Radar pedagógico

Este equipo cuenta con un radar el cual permite obtener las velocidades de los vehículos en cada hora durante la totalidad del tiempo en el que se encuentre en funcionamiento. Además, permite desplegar en una pantalla la velocidad de cada vehículo y ciertos mensajes de advertencia en caso de que se esté excediendo el límite de velocidad reglamentado, mediante estos mensajes se espera que los conductores disminuyan la velocidad. El radar pedagógico permite también estimar el flujo vehicular a lo largo del día.



El Radar pedagógico presenta dos modos de funcionamiento, uno llamado **espía** en el cual solo se detectan y almacenan las velocidades de los vehículos sin que se despliegue la velocidad ni mensajes de advertencia. El otro modo es el **normal**, en el cual realiza ambas funciones.

Mediante la comparación de las velocidades obtenidas antes (modo espía) y después de la colocación del radar en modo normal, se va a estudiar el impacto del equipo como una medida para reducir la velocidad de los conductores.

Cuidados:

- a. Se recomienda colocar el radar con 150 m de campo abierto, es decir, en áreas libres de árboles, postes, vehículos parqueados, entre otros.
- b. Debe de estar alejado aproximadamente 64 m de señales grandes de tránsito.
- c. No instalar en intersecciones o puentes.
- d. La distancia mínima al tráfico cruzado (intersección) debe ser de 124 m.
- e. La altura a la cual debe ser colocado es entre 2,15 m y 4,85 m

Radar manual de velocidad

El radar manual permite realizar mediciones de velocidad, pero con la limitación de que al ser manual no se va a tener un barrido de velocidades a lo largo del día sino más bien se obtendrá una muestra representativa de velocidades durante un período del día. En la Figura 3 se muestra el radar manual a ser utilizado.

Con este equipo se plantea realizar mediciones de velocidad antes y después de la colocación del radar pedagógico en modo normal para poder medir el impacto



de dicha medida de seguridad vial en la reducción de la velocidad de circulación de los vehículos.



Figura 3. Radar Manual utilizado para mediciones de velocidad.

Cuidados:

- a. Tomar lecturas de velocidad dentro del vehículo con el fin de no alterar el comportamiento del conductor, ni la escogencia de la velocidad de circulación.
- b. Ubicar el vehículo a una distancia entre los 50 y 100 m para no alterar la velocidad de circulación de los vehículos.
- c. Medir velocidades solamente en flujo libre, en caso de que vehículos se muevan en grupos, solo tomar la velocidad del primer vehículo debido a que los otros vehículo del grupo se van a ver influenciados por el primer vehículo.
- d. No realizar toma de velocidades en horas pico para evitar la congestión, la cual afecta el flujo libre de los vehículos



Contador neumático

Este tipo de contador utiliza dos tubos neumáticos (mangueras) para determinar el número de vehículos, el tipo y la velocidad de los mismos, en ambas direcciones de una determinada carretera. En este caso se utilizará la cantidad de vehículos y la velocidad obtenida para realizar una comparación con los resultados obtenidos mediante el radar pedagógico. En la Figura 4 se puede observar un ejemplo de un contador neumático.



Figura 4. Ejemplo de contador neumático

Fuente: Tomada de Zuñiga y Trejos (2011)

Cuidados:

- a. Puede ser propenso a sufrir daños por el paso de los vehículos o vandalismo, provocando problemas para tomar datos.
- b. Si dos vehículos en dirección opuesta pisan la manguera a la vez, provoca un problema en el aforo.



- c. Pueden existir problemas en diferenciar varios vehículos juntos y un vehículo de varios ejes.

4.2. Casos de aplicación

California, Estados Unidos.

En el año 1998, CALTRANS (California Department of Transportation) usó señales con mensajes variables como una medida de seguridad vial en cinco curvas a lo largo del Cañón del Río Sacramento. El tipo de señales que utilizaron les permitían advertir la proximidad de una curva e informar sobre la velocidad a la que circulaban y a la que debían circular.

La efectividad de esta medida se evaluó mediante estudios antes y después de accidentes, velocidades y de maniobras erráticas, y además mediante la realización de encuestas. Para efectos de esta investigación solo se comentará la metodología usada para el estudio antes y después de velocidad.

Se realizaron un total de tres visitas a los cinco puntos de estudio, la primera se realizó nueve meses antes de la finalización de la instalación de la medida y se miden las velocidades antes de la medida de seguridad, la segunda se realizó tres meses después de estar funcionando el sistema de advertencia mediante señales con mensajes variables y la última se realizó siete meses después de estar en funcionamiento la medida de seguridad.

En cada una de las curvas elegidas se midió la velocidad en dos puntos, el primero exactamente en el punto en el cual se ubicaron las señales variables y el segundo aproximadamente en el inicio de la curva. Para medir las velocidades

Informe LM-PI- USVT-007-16	Fecha de emisión: 30 de septiembre de 2016	Página 10 de 23
----------------------------	--	-----------------



utilizaron un cronómetro para tomar el tiempo del vehículo en recorrer una distancia previamente marcada y medida, esto debido a que de la realización de pruebas con diferentes equipos para medir las velocidades obtuvieron mayor exactitud con dicho método.

Los resultados que obtuvieron al utilizar este tipo de medidas consistieron en una disminución significativa en la velocidad en dos de las cinco curvas en las que se implementó, las cuales eran las que tenían mayor pendiente (entre -5 y -6 %). En otro de los puntos, los datos medidos mostraban que hubo un aumento en la velocidad, y en los otros dos puntos no existió diferencias significativas.

Virginia, Estados Unidos

Alrededor de 1998 se realizó en Charlottesville, Virginia, un estudio para cuantificar la efectividad del uso de señales con mensajes variables para reducir o controlar la velocidad de los vehículos.

Utilizaron comparaciones de resultados antes y después de la medida para evaluar el cambio de la velocidad en los conductores, este estudio lo realizaron en tres zonas.

Las velocidades y volúmenes de vehículos se obtuvieron mediante contadores de tráfico automáticos, las mediciones se realizaron en un punto ubicado al inicio de cada zona elegida, en el medio (punto cercano a la señal de mensajes variables) y al final de la zona. Además utilizaron cámaras para monitorear el comportamiento de los conductores después de la medida de seguridad.

Algunos de los resultados que obtuvieron son los siguientes:

Informe LM-PI- USVT-007-16	Fecha de emisión: 30 de septiembre de 2016	Página 11 de 23
----------------------------	--	-----------------



- En dos de las zonas elegidas se determinó que los conductores que excedían el límite de velocidad redujeron en promedio alrededor de 12.86 km/h.
- En la tercer zona la reducción en la velocidad fue de 16.08 km/h
- El efecto de reducción de la velocidad que provocó la medida de seguridad era independiente del tipo de vehículo.

Heredia, Costa Rica

La empresa ÉlanCité coloca un radar pedagógico en San Francisco de Heredia y lo mantiene en funcionamiento entre el 11 de mayo y el 11 de junio para realizar un primer estudio del impacto de estos radares en Costa Rica. En dicho caso colocaron el radar en modo espía durante una semana y en modo normal durante cuatro semanas. Se realizó un análisis de las velocidades de operación antes y después de la colocación del radar y se obtienen los siguientes resultados:

- Aumenta entre un 6,5 y 8,7 % el grupo de conductores que circulaban a una velocidad menor a la permitida (40 km/h). Reducen entre 6,5 y 8 % la cantidad de conductores que viajaban a una velocidad entre los 41 y 60 km/h, y los que viajaban a velocidades mayores a 60 km/h entre 0,4 y 0,8 %
- Se logra reducir la velocidad del percentil 85 de 48 km/h a un promedio de 45 km/h.

Cartago, Costa Rica

Fonseca (2014) realiza una investigación en la cual cuantifica la efectividad de la demarcación vial como una medida para la disminución de la velocidad. Se destaca esta investigación no por la medida estudiada sino por la metodología utilizada para la recolección de datos y el análisis de datos realizado, los cuales



son base para la propuesta de estudiar el impacto de los radares pedagógicos como medida de seguridad vial.

Para la recolección de datos Fonseca (2014) realiza un mínimo de 30 mediciones de velocidades mediante un radar manual antes y después de la demarcación de la medida de seguridad. Las mediciones las realiza en un punto entre 50 y 100 m antes de la medida, en dos puntos sobre la misma y en otro entre los 50 y 100 m después. Una vez colocada la medida de seguridad vial, se realizaron mediciones de velocidad a lo largo de 5 meses en los mismos puntos mencionados anteriormente.

Para el análisis de los resultados obtenidos primero se verificó que la distribución de los datos fuera de tipo normal, y en caso de que no, se realizaron ciertos ajustes de normalidad ya que es un requisito para poder realizar la comparación de las muestras antes y después de la medida. Una vez normalizados los datos, se realizaron pruebas de t de Student para poder determinar si existían diferencias significativas entre las muestras.

Además de esto se obtuvieron algunos parámetros estadísticos como velocidad promedio, velocidad percentil 85, velocidad mínima, velocidad máxima, tamaño de muestra, desviación estándar y varianza, los cuales permiten caracterizar la velocidad en el sitio de estudio.



5. DISEÑO DEL PROYECTO

5.1. Punto de estudio

La ubicación escogida se debe a que es un punto en el cual los conductores tienden a manejar a velocidades superiores al límite máximo permitido (velocidad reglamentada). Mediante la realización de un diagnóstico preliminar a través de la toma de un total de 30 velocidades de operación utilizando un radar manual se corroboró que las velocidades de operación se encuentran por encima del límite establecido en esta zona.

5.2. Consideraciones importantes del sitio

- La calle está demarcada para dos carriles en un mismo sentido, sin embargo, la comunidad demarcó un ciclo carril utilizando espacio del carril derecho, además se han observado vehículos parqueados sobre el ciclo carril. Esto se puede observar en la Figura 5.



Figura 5. Configuración de carriles y el ciclo carril en el sitio de estudio



- Las condiciones anteriores provocan que el comportamiento de los conductores varíe dependiendo del espacio que hay en la carretera, es decir, cuando no hay vehículos parqueados a un costado, ni ciclistas, el flujo vehicular se distribuye en dos carriles, y si hay vehículos parqueados o ciclistas transitando, el espacio queda limitado a un carril, generalmente en el centro de la calzada.
- El sitio cuenta con un total de tres postes, dos metálicos y uno de concreto, la ubicación de estos se observa en la Figura 6. Estos serían los postes utilizados para la colocación del equipo, tanto el radar pedagógico como el contador del LanammeUCR.

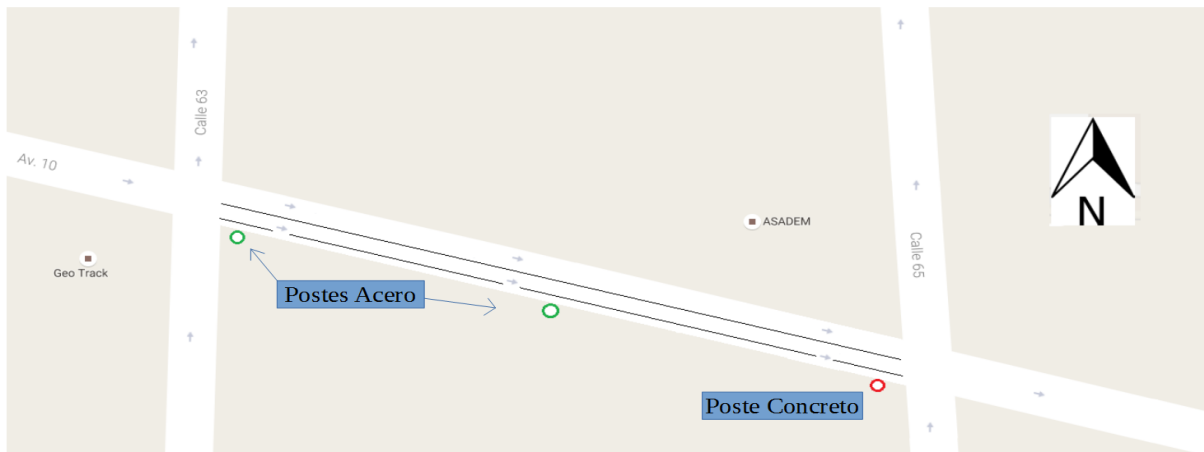


Figura 6.Ubicación de elementos en los cuales colocar los equipos.

5.3. Recolección de datos

Se plantea que el radar pedagógico se encuentre en funcionamiento durante tres meses y medio mínimo, este tiempo se recomienda para intentar evitar el efecto que ocurre en los conductores de acostumbrarse a la medida y por ende disminuir la efectividad de la misma. Es posible que este efecto se pueda dar aún después de los tres meses y medio propuestos, por lo que sí existe disponibilidad del

Informe LM-PI- USVT-007-16	Fecha de emisión: 30 de septiembre de 2016	Página 15 de 23
----------------------------	--	-----------------



equipo puede llegar a ser provechoso para la investigación aumentar dicho tiempo de estudio.

Para poder evaluar el impacto en las velocidades de operación del radar pedagógico se va a hacer uso de dos equipos del LanammeUCR, esto con el fin de comparar y evaluar los resultados obtenidos mediante el radar pedagógico.

El primero es el **contador neumático** el cual servirá tanto para medir velocidades en el mismo punto en el cual estará ubicado el radar pedagógico, como para obtener la cantidad de vehículos que transitan y poder compararlo con el estimado por el radar pedagógico.

El segundo equipo es el **radar manual**, el cual servirá para evaluar el impacto que tiene el radar pedagógico en las velocidades de operación. Para esto primero se van a realizar mediciones a lo largo del punto de estudio antes y después de poner en funcionamiento el radar pedagógico. Se deben obtener un **mínimo de 30 mediciones de velocidad** en cada punto.

Antes de la colocación del radar pedagógico se plantea obtener un perfil de velocidades al realizar mediciones (con el radar manual) en seis puntos a lo largo de la Avenida 10, con el fin de conocer más a fondo las velocidades de los vehículos en el tramo anterior y posterior al sitio de ubicación del radar pedagógico. Además se analizará la influencia de las características físicas de la vía y del entorno en la escogencia de las velocidades por parte de los conductores. En la Figura 7 se observan los puntos elegidos para realizar las mediciones, los cuales están identificados con letras de la A a la F.



Figura 7. Ubicación aproximada de puntos de toma de datos con radar Manual y de colocación del radar pedagógico y contador

Después de la colocación del radar pedagógico se realizarían mediciones en tres puntos propuestos, el primero entre 50 y 100 m antes del radar pedagógico, el segundo en un punto cercano al radar, y el tercero entre 50 y 100 m después del mismo. En la Figura 7 se muestra la ubicación de dichos puntos, identificados con los números 1, 2 y 3. Se recomienda realizar la toma de datos **dos** veces por semana, en caso de que sea posible, durante el tiempo en el que se encuentre en funcionamiento el radar.

5.4. Resultados

- Obtener el perfil de las velocidades de operación a lo largo del sitio de estudio antes de la colocación del radar pedagógico.
- Velocidades de operación obtenidas con el radar pedagógico en el punto de estudio y estimación del flujo vehicular.
- Velocidades del radar manual en los puntos 1, 2 y 3 (ver Figura 7) una vez colocado el radar pedagógico.



- Flujo vehicular y velocidades de operación obtenidas mediante el contador vehicular en el punto de colocación del radar pedagógico.
- Comparación de la cantidad de vehículos estimada por el radar pedagógico y la obtenida mediante el contador.
- Comparación de las velocidades obtenidas con el radar pedagógico, el radar manual y el contador vehicular de acuerdo a la ubicación en las que se tomaron los datos.
- Comparación de velocidades de operación antes y después de la colocación del radar pedagógico para cuantificar el impacto de la medida, esto tanto para las velocidades obtenidas mediante el radar pedagógico y el radar manual.

5.5. Análisis de resultados

Para poder cuantificar el impacto del radar pedagógico es necesario primero caracterizar las velocidades de operación para cada uno de los puntos en los que se realizaron mediciones, tanto antes como después de la colocación de del radar pedagógico en modo normal, y segundo realizar una comparación de los resultados obtenidos mediante las herramientas estadísticas necesarias. Para esto se van a realizar los siguientes pasos:

- a) Obtención de los siguientes parámetros estadísticos para caracterizar el punto de estudio.
 - Velocidad promedio
 - Velocidad percentil 85
 - Velocidad mínima
 - Velocidad máxima
 - Tamaño de muestra



- Desviación estándar
 - Varianza
- b) Verificación de la distribución normal de los datos.
- c) Comparación de muestras antes y después de las medias utilizando la prueba t de Student para cuantificar el impacto de la misma en la velocidad de operación.

6. Referencias Bibliográficas

- California Department of Transportation. (2000). *An evaluation of dynamic curve warning system in the Sacramento river Canyon*. California.
- Elvik, R., Hoye, A., Vaa, T., & Sorensen, M. (2009). *The Handbook of road safety measures*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- Fonseca, D. (2014). *Demarcación vial como medida de bajo costo para la disminución de la velocidad en carretera*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Garper, N., & Srinivasan, S. (1998). *Effectiveness of changeable message signs in controlling vehicle speeds in work zones*. Virginia.
- Magaña, J. (2014). *Determinación de patrones típicos de distribución temporal de tránsito en Costa Rica*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Mcgee, H., & Fred R, H. (2006). *Low-Cost Treatments for Horizontal Curve Safety*. Washington DC.
- World Road Association. (2004). *Road Safety Manual*. Paris: R2ute Market.
- Zuñiga, J., & Trejos, J. (2011). *Conteos vehiculares*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/view/14841620/conteos-vehiculares-mopt>