



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN VEHÍCULO A VEHÍCULO  
PARA TRANSMISIÓN DE VIDEO EN UNA BANDA CONVERGENTE DE 5G.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingenieros en Telecomunicaciones

**AUTOR:** MARLON EDUARDO ALBÁN RUIZ  
MARCOS ALEXANDER CRIOLLO LLUMIQUINGA

**TUTOR:** MILTON NAPOLEÓN TIPÁN SIMBAÑA

Quito – Ecuador

2023

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Marlon Eduardo Albán Ruiz documento de identificación N° 1726680034 y Marcos Alexander Criollo Llumiquinga con documento de identificación N° 1723613442; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 02 de agosto del año 2023

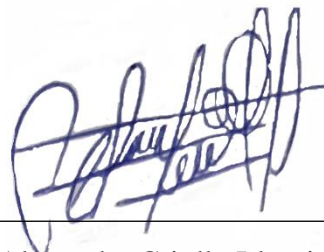
Atentamente,



---

Marlon Eduardo Albán Ruiz

1726680034



---

Marcos Alexander Criollo Llumiquinga

1723613442

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Marlon Eduardo Albán Ruiz con documento de identificación N° 1726680034, y Marcos Alexander Criollo Llumiquinga con documento de identificación N° 1723613442, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Diseño de un sistema de comunicación vehículo a vehículo para transmisión de video en una banda convergente de 5G.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

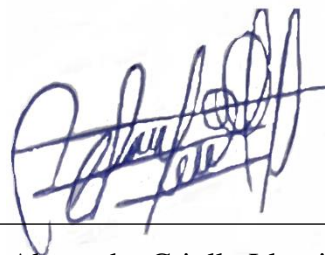
Quito, 02 de agosto del año 2023

Atentamente,



Marlon Eduardo Albán Ruiz

1726680034



Marcos Alexander Criollo Llumiquinga

1723613442

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Napoleón Tipán Simbaña con documento de identificación N° 1713583126, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN VEHÍCULO A VEHÍCULO PARA TRANSMISIÓN DE VIDEO EN UNA BANDA CONVERGENTE DE 5G, realizado por Marlon Eduardo Albán Ruiz con documento de identificación N° 1726680034 y Marcos Alexander Criollo Llumiquinga con documento de identificación N° 1723613442, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 02 de agosto del año 2023

Atentamente,



---

Ing. Milton Napoleón Tipán Simbaña, MSc

1713583126

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN VEHÍCULO A VEHÍCULO PARA TRANSMISIÓN DE VIDEO EN UNA BANDA CONVERGENTE DE 5G

## DESIGN OF A VEHICLE-TO-VEHICLE COMMUNICATION SYSTEM FOR VIDEO TRANSMISSION IN CONVERGENT 5G BAND

Marlon E. Albán <sup>1</sup>, Marcos A. Criollo <sup>2</sup>, Milton N. Tipán <sup>3</sup>

### Resumen

En la actualidad, los sistemas de vehículo a vehículo están siendo establecidos a nivel mundial incluso con vehículos autónomos por lo que la transmisión de video es un elemento clave para su seguimiento, seguridad y confort del usuario. Este artículo, estudia la sensibilidad del ruido en una señal de video en estas redes sobre un canal AWGN, demuestra que se requiere  $SNR \geq -100dBm$  para obtener una calidad mayor de  $BER = 10^{-3}$ , debido a la asimetría de la señal de video.

**Palabras clave:** Inalámbrica, V2V, Sensibilidad, Video.

### Abstract

Nowadays, vehicle-to-vehicle systems are being established worldwide, even with autonomous vehicles, so video transmission is a key element for monitoring, user both safety and comfort. This article, studying the sensitivity of the noise in a video signal in these networks over an AWGN channel, shows that  $SNR \geq 100dBm$  is required to obtain a quality higher than  $BER = 10^{-3}$ , due to the asymmetry of the video signal.

**Keywords:** Wireless, V2V, Sensibility, Video.

---

<sup>1</sup>Carrera de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, e-mail: malbanr2@est.ups.edu.ec

<sup>2</sup>Carrera de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, e-mail: mcriollo1@est.ups.edu.ec

<sup>3</sup>Carrera de Telecomunicaciones, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, e-mail: mtipans@.ups.edu.ec

## 1. Introducción

La comunicación vehículo a vehículo (vehicle to vehicle, V2V) ha emergido como una tecnología clave en el campo de la conducción autónoma y la seguridad vial. Mediante la transmisión de información en tiempo real entre vehículos cercanos, V2V tiene el potencial de mejorar la seguridad, la eficiencia del tráfico y la experiencia del conductor [1]. En los últimos años, habido un creciente interés en la investigación y desarrollo de soluciones V2V, y la comunidad científica ha estado realizando esfuerzos considerables para abordar los desafíos técnicos y lograr su implementación exitosa. [2].

Debido a la movilidad del vehículo en un canal inalámbrico, la pérdida de información, eficiencia y velocidad de la transmisión son degradadas. Tomando en consideración que la transmisión de video hacia un vehículo es parte de los servicios a prestar, se hace imprescindible el incremento en la velocidad de transmisión para conseguir una calidad de video aceptable [3].

Por otro lado, para 5G se tienen previsto varios espectros de frecuencia entre ellos la banda de FR1 (0,45GHz hasta 6GHz) [4], que permite la convergencia con los sistemas 4G, por ello, es importante hacer un análisis del servicio de video en esta banda; lo que permitirá proveer a los operadores de estas redes futuras puntos de operación adecuados cuando sean implementadas, logrando una adecuada coexistencia de estas tecnologías [5].

Este artículo, se enfoca en evaluar el desempeño de una señal de video en un sistema V2V en la banda convergente FR1 [6]. Este está dividido en los modelos para comunicación V2V, en la configuración del sistema y en los resultados del mismo. Finalmente, las conclusiones del trabajo son mostradas.

## 2. Modelos para comunicación V2V

Se han propuesto y desarrollado diversos modelos de comunicación V2V con el objetivo de asegurar una comunicación efectiva y segura entre los vehículos. Estos modelos se enfocan en la organización y el intercambio de información entre los vehículos, y pueden variar según la aplicación específica y los requisitos del sistema [7].

### 2.1. TDL

El modelo de retardo de tapa de línea (Delay Tap Line), es un modelo de banda ancha que se basa en el concepto de WSSUS (Wide-Sense-Stationary Uncorrelated Scattering). Este modelo describe la respuesta al impulso en tiempo discreto mediante un filtro con un número finito de muestras. En el caso de la norma IEEE 802.11p, se emplean modelos de canal con 6 y 12 muestras, en donde  $\tau$  (thao) se utiliza para controlar el retardo, con el fin de permitir la sincronización y el

procesamiento adecuado de la información transmitida, como se observa en la Figura 1 [8].

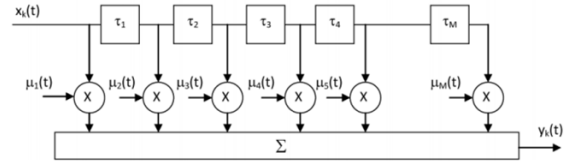


Figura 1. Construcción del modelo TDLCM.

El modelo incluye componentes RF que no varían con el tiempo, como transmisores, receptores, antenas, amplificadores y filtros. Es un modelo de baja complejidad en términos de su montaje, pero presenta limitaciones en cuanto a la precisión al modelar diversos entornos, ya que no considera la falta de estacionariedad en las comunicaciones V2V [9].

### 2.2. GBS

El modelo basado en tierra (Ground-Based System), combina trazado de rayos con generación aleatoria de objetos. Este enfoque implica colocar dispersores de forma aleatoria, que son objetos que interactúan en el canal de comunicación. Este modelo es bidireccional y está especialmente diseñado para sistemas con múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), pero también puede ser adaptado para sistemas que cuentan con una única entrada y una única salida (SISO), mediante la generación de respuestas al impulso del canal (CIR) para múltiples antenas ya que tiene en cuenta tanto los ángulos de llegada como los de salida de las señales, según se ilustra en la figura 2 [10].

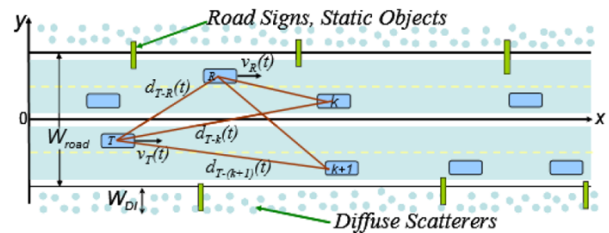


Figura 2. Construcción del modelo GBSCM.

### 2.3. AWGN

El modelo de canal gaussiano (Additive White Gaussian Noise Channel) se emplea extensamente en la investigación y desarrollo de sistemas de comunicación V2V debido a su capacidad para evaluar y analizar el rendimiento de los sistemas en condiciones de ruido. Para tal fin, se utilizan medidas y métricas como la relación señal a ruido (SNR) y la tasa de error de bit

(BER). Estas métricas permiten evaluar la eficiencia de los sistemas de comunicación V2V bajo el modelo de canal AWGN [11].

### 3. Configuración del sistema

Un sistema de transmisión V2V, que contiene todos sus procesos de comunicación, su transmisor, canal y receptor con sus respectivos elementos. Consiste en transmitir video mediante un archivo tipo mp4 de calidad 720p, con el fin de transformar dicho video a bits y recopilar la información en formato txt mediante Matlab R2021a para ser transmitido usando el software SystemVue 2020 update 1, como se muestra en la Figura 3.

Este conjunto de bits fue codificado en una señal NRZ polar (bloque ReadFile), se generó una señal compleja cuya parte real fueron los datos del video

y la parte imaginaria cero (bloque CxToRect). Esta fue subida en frecuencia mediante el modulador en cuadratura (bloque Mod) hasta la frecuencia de  $3GHz$  perteneciente a la banda RF1.

La señal en radio frecuencia (Radio Frequency, RF) fue pasada por un canal AWGN (bloque Noise Density) en el cual se varió el valor la potencia de ruido, en el rango de los  $-20dBm$  hasta los  $-150dBm$ .

Entonces, en el receptor se bajo en frecuencia (bloque Demod) a banda base los bits transmitidos (bloque NRZ/RZ Symbol to Bit Converter). Los bits transmitidos y recibidos fueron sincronizados mediante una correlación (bloque RectToCx) y con un retardo de cero (bloque Delay), para evaluar el BER.

Finalmente, se tomaron los bits recibidos, los cuales se procesaron en Matlab y fueron transformados nuevamente a video, se determinó que la calidad del video fue mejorada o deteriorada de acuerdo al ruido existente en el canal simulado.

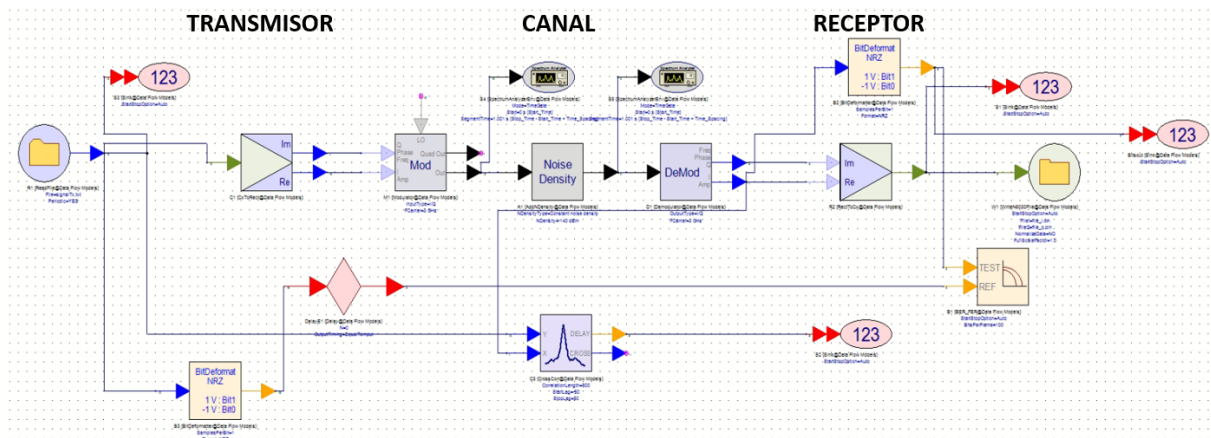


Figura 3. Esquemático del sistema

### 4. Resultados y Discusión

El análisis se puso en marcha al enviar los datos binarios obtenidos a partir de un video de resolución 720p. La Figura 4 se presenta como una muestra capturada del video para ilustrar el proceso. Esta etapa inicial proporcionó la base para llevar a cabo el análisis en mayor profundidad y obtener resultados.

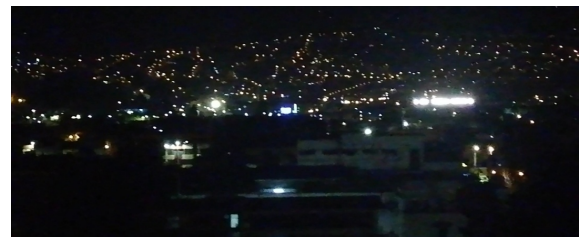
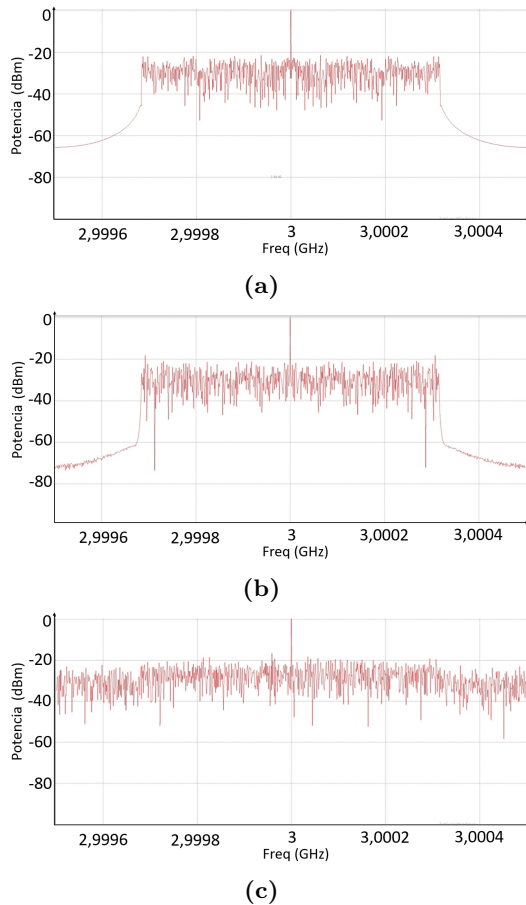


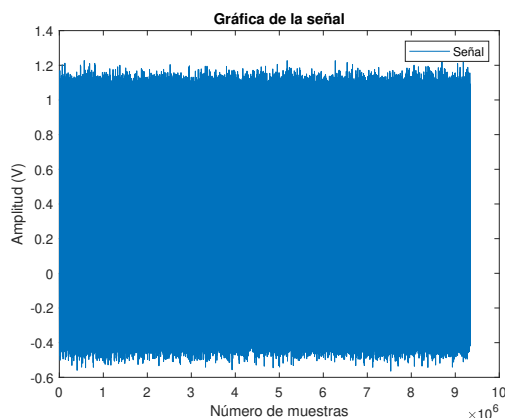
Figura 4. Captura de Video Original

Entonces, se añadio ruido al canal de transmisión para degradar el video transmitido y observar hasta que punto tiene una calidad aceptable, se seleccionó un  $BER = 10^{-3}$  como límite FEC.



**Figura 5.** Espectros de la señal de video transmitida para diferentes potencias de ruido en la banda RF1

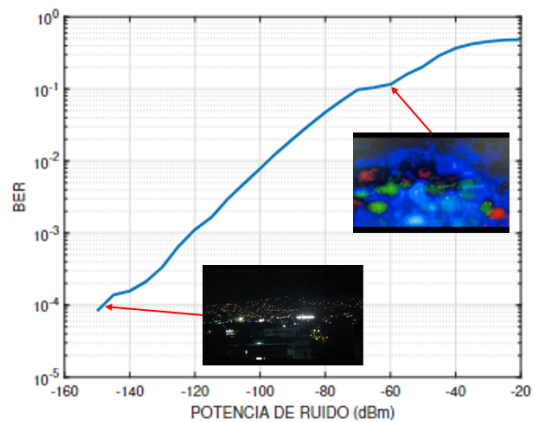
En la Figura 5a se observa el espectro de la señal con una potencia de ruido de  $-150dBm$ , en la Figura 5b de  $-120dBm$  y en la Figura 5c de  $-60dBm$ .



**Figura 6.** Gráfica de la señal.

Claramente se ve la degradación del espectro en especial en el piso de ruido. Estos niveles tan bajos de potencia de ruido indica lo sensible que es una transmisión de video pese a que se está simulando un enlace estático (los vehículos no están en movimiento). Esto se debe a la falta de simetría en la señal de video como se muestra en la Figura 6, ya que cualquier variación en su amplitud degrada la misma pues su amplitud no es uniforme.

Como se puede apreciar en los espectros representados en la Figura 5, se observa que la potencia máxima de la señal transmitida es aproximadamente  $-20dBm$  y el piso de ruido es aproximadamente  $-60dBm$ , para esta condición el video obtenido está muy degradado, por ello se realiza un barrido desde  $-160dBm$  hasta  $-20dBm$ , para obtener la potencia de ruido adecuada para el nivel de  $BER = 10^{-3}$  requerido. La Figura 7 muestra que para una potencia de ruido de  $-120dBm$  es posible obtener una buena señal de video si se aplican técnicas FEC. Se presentan en la gráfica las capturas de pantalla del video para una potencia de ruido de  $-60dBm$  y  $-150dBm$  que corresponden a un  $BER = 10^{-1}$  y  $BER = 10^{-4}$  respectivamente.



**Figura 7.** BER vs Potencia de Ruido para V2V

Lo anterior, indica que para una transmisión adecuada de video en una red V2V estática es necesario tener al menos una relación señal a ruido  $SNR \geq -100dBm$ , la cual subiría si estan los vehiculos en movimiento.

## 5. Conclusiones

En este artículo, se mostró la sensibilidad de una transmisión de video en una red V2V debido a la asimetría en forma de onda de la señal de video, por lo que requiere  $SNR \geq -100dBm$  para obtener una calidad mayor de  $BER = 10^{-3}$ , este enfoque implica que se debe tener en cuenta en el diseño de sistemas robustos de codificación con el fin de mitigar los errores en el



canal de transmisión. Sin embargo, se requiere el desarrollo de futuros estudios en entornos de movilidad más realistas para ampliar el conocimiento en esta área.

## Referencias

- [1] C. D. Ingeniería, E. N. Electrónica, V. Alexandra, M. Cando, C. E. Mera, and D. Pino, "I universidad nacional de chimborazo facultad de ingeniería," 2016.
- [2] J. K. Ray, A. S. Biswas, S. Sil, R. Bera, S. Shome, P. Biswas, and M. Mitra, "Realization of 5g v2v communication system at 28 ghz for smart vehicle," *Innovations in Systems and Software Engineering*, 2022.
- [3] A. Chulde and I. Glenn, "T-espe-044164," *Universidad de las fuerzas Armadas Espe*, 1 2021.
- [4] D. Roy, M. Chatterjee, and E. Pasilio, "Video quality assessment for inter-vehicular streaming with ieee 802.11p, lte, and lte direct networks over fading channels," *Computer Communications*, vol. 118, pp. 69–80, 3 2018.
- [5] R. M. Molina, "Estudio y diseño de network slicing en comunicaciones vehiculares en entornos de smart cities," 2022. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10609/145487>
- [6] R. H. Babón, "Integración, testado y propuestas de mejora de una unidad de comunicación v2v," 2019. [Online]. Available: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/39014>
- [7] A. Ruiz, "Escuela técnica superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación proyecto fin de grado," 7 2018.
- [8] E. Secretario, "Escuela técnica superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación proyecto fin de grado título: Evaluación y modelado de las comunicaciones entre vehículos (v2v) autor: Patricia fratilesco titulación: Sistemas de telecomunicación tutor: César briso rodríguez departamento: Teoría de la señal y comunicaciones v<sup>o</sup>b<sup>o</sup> miembros del tribunal calificador: Presidente: Inmaculada álvarez de mon tutor: César briso rodríguez secretario: Carlos cortés alcalá," 7 2019.
- [9] J. J. A. Catalán, "Sistema de comunicaciones v2x para vehículos inteligentes como soporte para sistemas cooperativos tesis doctoral," 12 2016.
- [10] V. R. Valencia and T. F. F. P. I. S. P. J. R. Aguilera, "Evaluación de la exposición poblacional a la radiación de las antenas de los transmisores de radio, televisión y telefonía celular view project," pp. 2–50, 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/309124310>
- [11] N. K. G. Rosales, J. M. Celaya-Padilla, C. E. Galván-Tejada, J. I. Galván-Tejada, H. Luna-García, H. Gamboa-Rosales, and J. R. López-Robles, "Infotainment systems: Current status and future research perspectives toward 5g technologies," *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*, vol. 2, 6 2022.