

Implementación de transmisor de televisión basados en SDR para el estándar NTSC.

Implementation of SDR-based television transmitter for the NTSC standard.

Karla Yohana Sánchez-Mojica¹, Wilfred Andrey Contreras-Gómez², Carlos Vicente Niño-Rondón³,
Karla Cecilia Puerto-López⁴

¹*Corporación Universitaria Minuto de Dios, Cúcuta - Colombia*

^{2,4}*Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta - Colombia*

³*Pontificia Universidad Javeriana, Valle del Cauca - Colombia*

ORCID: [10000-0003-3164-4725](https://orcid.org/0000-0003-3164-4725), [20009-0004-4546-0227](https://orcid.org/0009-0004-4546-0227), [30000-0002-3781-4564](https://orcid.org/0000-0002-3781-4564), [40000-0003-3749-676X](https://orcid.org/0000-0003-3749-676X)

Recibido: 11 de septiembre de 2023.

Aceptado: 12 de diciembre de 2023.

Publicado: 01 de enero de 2024.

Resumen- La plataforma SDR (radio definida por software) permite implementar diversos sistemas de comunicación flexibles en función de los objetivos y requisitos del usuario, más allá del límite de flexibilidad de la plataforma de hardware existente. Por ello, ha aumentado el interés y la investigación sobre la implementación de sistemas de comunicación basados en software. Sin embargo, hay muy pocos ejemplos que muestran la compatibilidad y las mediciones de rendimiento entre la implementación mediante SDR y los sistemas comerciales reales. Por lo tanto, en este artículo, mostramos la compatibilidad y el rendimiento del sistema de comunicación que son el receptor y el transmisor de TV NTSC utilizando GNU Radio y USRP en un entorno de comunicación inalámbrica.

Palabras clave: estándar, implementación, servicio, televisión, transmisor.

Abstract— The SDR (Software Defined Radio) platform allows various flexible communication systems to be implemented depending on the user's objectives and requirements, beyond the flexibility limit of the existing hardware platform. Therefore, interest and research on the implementation of software-based communication systems has increased. However, there are very few examples that show compatibility and performance measurements between implementation using SDR and real commercial systems. Therefore, in this article, we show the compatibility and performance of the communication system which is NTSC TV receiver and transmitter using GNU Radio and USRP in wireless communication environment.

Keywords: standard, implementation, service, television, transmitter.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: karlayohana16@gmail.com (Karla Yohana Sánchez Mojica).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Como citar este artículo: K. Y. Sánchez-Mojica, W. A. Contreras-Gómez, C V. Niño-Rondón y K. C. Puerto-López, "Implementación de transmisor de televisión basados en SDR para el estándar NTSC", *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 12, no. 1, pp. 41-46 2024, doi: [10.15649/2346030X.3549](https://doi.org/10.15649/2346030X.3549)

I. INTRODUCCIÓN

El SDR o radio definida por software, permite que el procesamiento de la señal en banda base se realice a través del software en lugar del hardware [8]. Esto ha generado un creciente interés en el uso de SDR en sistemas de comunicación, especialmente debido a la disponibilidad de dispositivos SDR de bajo costo en el mercado. Esta tecnología ofrece una mayor flexibilidad al trasladar el procesamiento de la señal, que tradicionalmente se realiza en hardware, al software [1]. Una plataforma de desarrollo de software de código abierto llamada GNU Radio se utiliza ampliamente en este campo.

GNU Radio proporciona bibliotecas de procesamiento integradas que incluyen funciones como filtrado, ecualización y demodulación, y permite implementar bloques de procesamiento personalizados en C++ y Python [9]. Esta capacidad de adaptación ha llevado a la implementación de numerosos sistemas de comunicación para fines de investigación utilizando GNU Radio [2]. Sin embargo, se ha observado una falta de ejemplos de implementaciones exitosas que combinen sistemas de comunicación comerciales con SDR.

La existencia de ejemplos de este tipo de implementaciones podría impulsar la investigación y el interés en el uso de SDR [11]. La radio definida por software es una tecnología emergente con un gran potencial de aplicación y se espera que la radio desempeñe un papel importante en las comunicaciones móviles de próxima generación, las redes inteligentes y otras áreas [10]; la investigación en radio definida por software puede ayudar a desarrollar nuevas tecnologías y aplicaciones que aprovechen las ventajas de esta tecnología. En este artículo, se presenta un ejercicio concreto de análisis que se muestra cómo un transmisor de TV NTSC (National Television Standards Committee), utilizando un dispositivo SDR llamado USRP y la plataforma de software GNU Radio, puede comunicarse de manera efectiva.

II. METODOLOGÍA

Se desarrolla una metodología basada en 3 etapas para la transmisión de señales de televisión bajo el estándar NTSC [12]. En la primera etapa se consideran los parámetros del estándar de televisión NTSC, como la resolución de video y la frecuencia de fotogramas; en la segunda etapa se realiza la codificación de la imagen y los subtítulos que forman parte de la señal y en la tercera etapa, se aplica un modelo desarrollado en GNU Radio.

a. Estándar NTSC

El método NTSC [3] es un método de recepción de televisión utilizado principalmente en Norteamérica, establecido por la U.S. TV Standards Committee, para acomodar señales en blanco y negro y color dentro de la banda de frecuencia existente de 6MHz, también se utiliza en Colombia [4]. Desde el NTSC, los estándares de televisión se han mejorado a través del ATSC 1.0, un estándar de radiodifusión digital temprana, y el estándar DVB-T, y ahora los estándares ATSC 3.0 y DVB-T2 para la radiodifusión UHD. Aunque NTSC no es el estándar más reciente y la mayoría de las implementaciones de sistemas SDR se centran en sistemas digitales [5], [6], era conveniente probar la viabilidad de implementar un sistema analógico sensible a los parámetros de hardware mediante SDR utilizando el estándar NTSC.

La norma NTSC-M utiliza un método de barrido de cuadro, que muestra un fotograma con una inyección horizontal escalonada de líneas impares (campo primario) y una inyección horizontal par de líneas pares (campo secundario). El número de fotogramas por segundo en NTSC-M es 30 y el número de líneas es 525 [13]. La frecuencia máxima de la señal de vídeo puede calcularse como fotogramas por segundo \times líneas por fotograma \times (número de píxeles por línea horizontal) / 2, lo que da como resultado 5.512 Mhz Sin embargo, dado que la señal de vídeo pura no aparece en el período de sincronización horizontal ni en el período de sincronización vertical, este período debe excluirse.

Por lo tanto, considerando el periodo de sincronización vertical (42 líneas por fotograma) y el periodo de sincronización horizontal (11,2 por línea), la señal de vídeo real es sólo el 82,3% del total 63,5. En consecuencia, la frecuencia máxima de la señal de vídeo utilizando el método NTSC puede calcularse como fotogramas por segundo \times (número de líneas de exploración - periodo de sincronización vertical) \times 0,823 \times píxeles/2, lo que da como resultado aproximadamente 4,2 MHz. El método NTSC utiliza diferentes métodos de modulación para las señales de vídeo y audio, y como la frecuencia máxima de la señal de vídeo es de 4,2 Mhz, se necesita un gran ancho de banda de canal para la modulación de frecuencia, por lo que se transmite utilizando el método de banda lateral vestigial, y la señal de audio utiliza un método de modulación de frecuencia para separarse fácilmente de la señal de vídeo, y la desviación máxima de frecuencia está limitada a ± 25 KHz [7].

La figura 1 muestra el ancho de banda del canal del esquema NTSC-M, donde el ancho de banda total es de 6 MHz, y la portadora de la señal de vídeo modulada VSB está a +1,25 MHz del límite inferior del canal, y la portadora de la señal de audio está a +4,5 MHz de la portadora de la señal de vídeo [3]. La tabla 1 muestra las especificaciones del esquema NTSC-M.

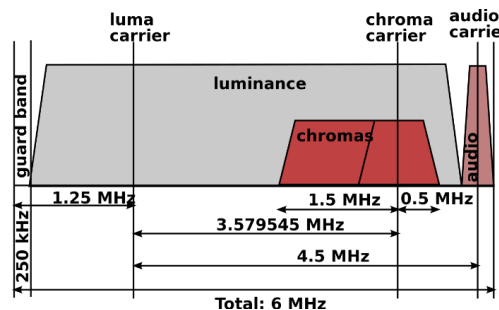


Figura 1: ancho de banda del canal del esquema NTSC-M.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1: Especificaciones del esquema NTSC-M.

Especificaciones del esquema NTSC-M	
Elemento	Estándar de la FCC
Ancho de banda del canal	6 Mhz
Frecuencia de la portadora de video	1.25 MHz 1000 Hz por arriba del límite inferior del canal
Frecuencia de la portadora de audio	4.5 MHz 1000 Hz por arriba de la frecuencia de la portadora de video
Frecuencia de la subportadora de color	3.579545 MHz 10 Hz
Número de líneas	525 líneas cuadro, entrelazadas 2:1
Frecuencia de barrido horizontal	15,734.264 +/- 0.044 Hz
Frecuencia de barrido vertical	59.94 Hz 12525 de frecuencia horizontal de barrido2

Fuente: Elaboración propia.

b. Codificación de la imagen y los subtítulos.

Basado en la conceptualización de la señal de TV NTSC se elabora el diagrama de flujo de la figura 2. Donde se consideran las variables establecidas del estándar NTSC, en la generación de la señal de televisión, se extrae la información de los pixeles de las secuencias de imagen a transmitir para posterior emplear una serie de constantes y funciones para convertir los datos de los pixeles en una señal de televisión NTSC, adicional en el nivel 21 de la señal NTSC se agregan datos de servicio de teletexto o subtítulos.

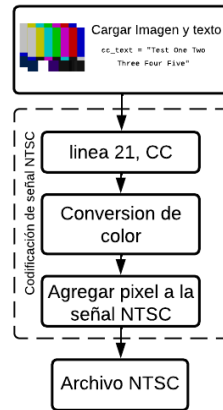


Figura 1: Proceso de codificación de la imagen y subtítulos.
Fuente: Elaboración propia.

c. Modelo desarrollado en GNU Radio

El modelo desarrollado en GNU Radio se encarga de transmitir una señal de televisión NTSC que incluye tanto video como audio, como se muestra en la figura 3. El proceso se inicia con la utilización de un archivo que contiene la señal NTSC completa, abarcando información de video y audio. A continuación, se lleva a cabo la captura de la secuencia de imagen y audio. Esto implica extraer la información visual y auditiva de la señal NTSC para su posterior procesamiento.

Luego, se procede con la codificación de las señales de audio, que puede incluir procesos como compresión y modulación, preparándolas para su transmisión. Después de este paso, las señales de imagen y audio procesadas se combinan en un solo flujo de datos. Finalmente, la señal compuesta se transmite, ya sea a través de un medio físico o de forma inalámbrica, para que pueda ser recibida y visualizada por un receptor de televisión.

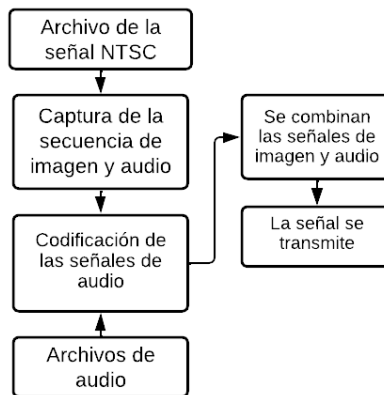


Figura 2: Modelo para implementar en GNU Radio.
Fuente: Elaboración propia.

III. RESULTADOS

a. Implementación de un transmisor NTSC

En este estudio, el sistema de transmisión NTSC se implementa utilizando GNU Radio, y el modelo NI-USRP N210 y la antena VERT900 Vertical Antenna (824-960 MHz, 1710-1990 MHz) Dualband, para la transmisión de la señal RF. A diferencia del sistema tradicional NTSC analógico, en este caso, el proceso de transmisión se basa en procesos digitales, lo que implica una serie de pasos adicionales para enviar la información de video y audio en el formato.

En la figura 2, se puede observar de manera general el comportamiento y las distintas componentes del formato de televisión NTSC. En este contexto, el video está compuesto por fotogramas, mientras que la parte auditiva se separa. Los fotogramas se codifican según el estándar, y la parte auditiva se extrae para luego incorporarla en el formato destinado a la transmisión mediante el dispositivo SDR. Este proceso de composición utiliza un enfoque de exploración entrelazada, en el cual la imagen se divide en dos campos.

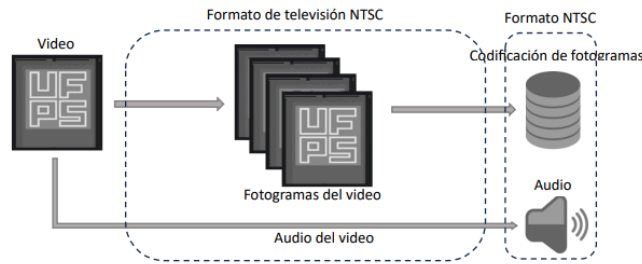


Figura 4: Comportamiento general del estándar de televisión NTSC.
Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de estos campos, conocidos como campo par y campo impar, abarca la mitad de las líneas presentes en la imagen. Esta particularidad se ilustra claramente en la figura 3.

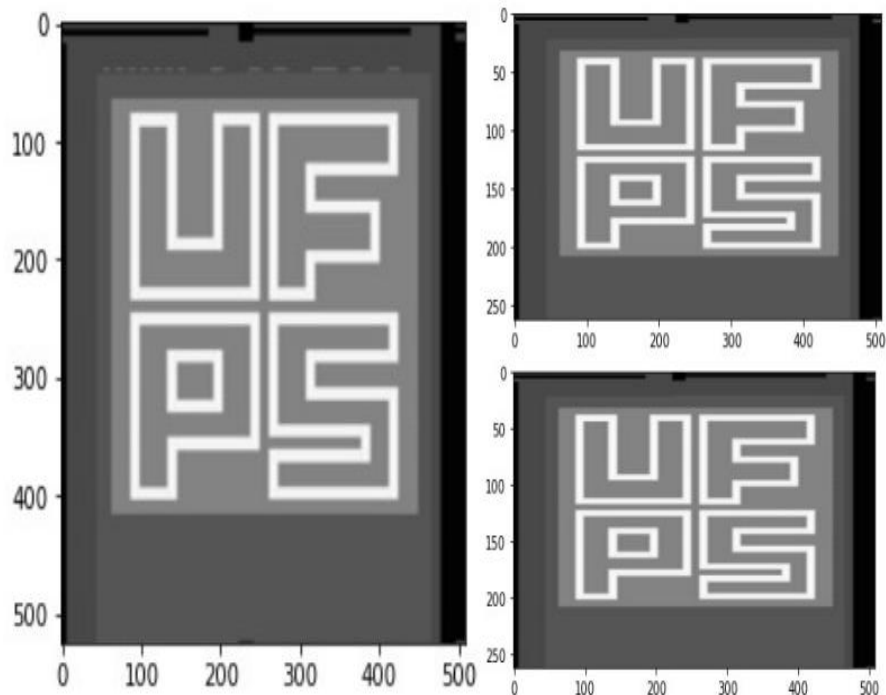


Figura 5: Campo par e impar, imagen entrelazada, Señal recibida.
Fuente: Elaboración propia.

b. Transmisor NTSC en GNU Radio en el dispositivo NI-USRP N210

La implementación del transmisor en GNU Radio abarca todos los parámetros requeridos por el estándar de televisión NTSC. Estos parámetros, incluyen la frecuencia horizontal, la frecuencia por línea y la frecuencia de audio. A partir de estos valores fundamentales, se derivan otros parámetros adicionales que son esenciales en el estándar.

El núcleo de esta implementación en GNU Radio reside en el bloque de la 'señal fuente', el cual contiene los fotogramas que han sido previamente codificados. Estos fotogramas pasan a través de un filtro que sintoniza la señal en la porción precisa donde se deben integrar tanto la luminancia como la crominancia. Luego, esta combinación se agrega a la sección de la señal para el audio.

La parte auditiva de la señal incorpora cuatro canales distintos: mono, estéreo, SAP (segundo audio) y PRO (canal profesional). Estos canales son procesados mediante una modulación por frecuencia, y cada uno de ellos atraviesa un proceso de ajuste para situarlos en la frecuencia adecuada en el espectro. Concretamente, se emplea una frecuencia de $2f_h$ para mono y estéreo, $5f_h$ para SAP, y $6.5f_h$ para el canal PRO.

Finalmente, las dos componentes resultantes, tanto la visual como la auditiva, se suman de manera coherente y son transmitidas mediante el dispositivo NI-USRP N210. La implementación en GNU Radio se observa en la figura 4.

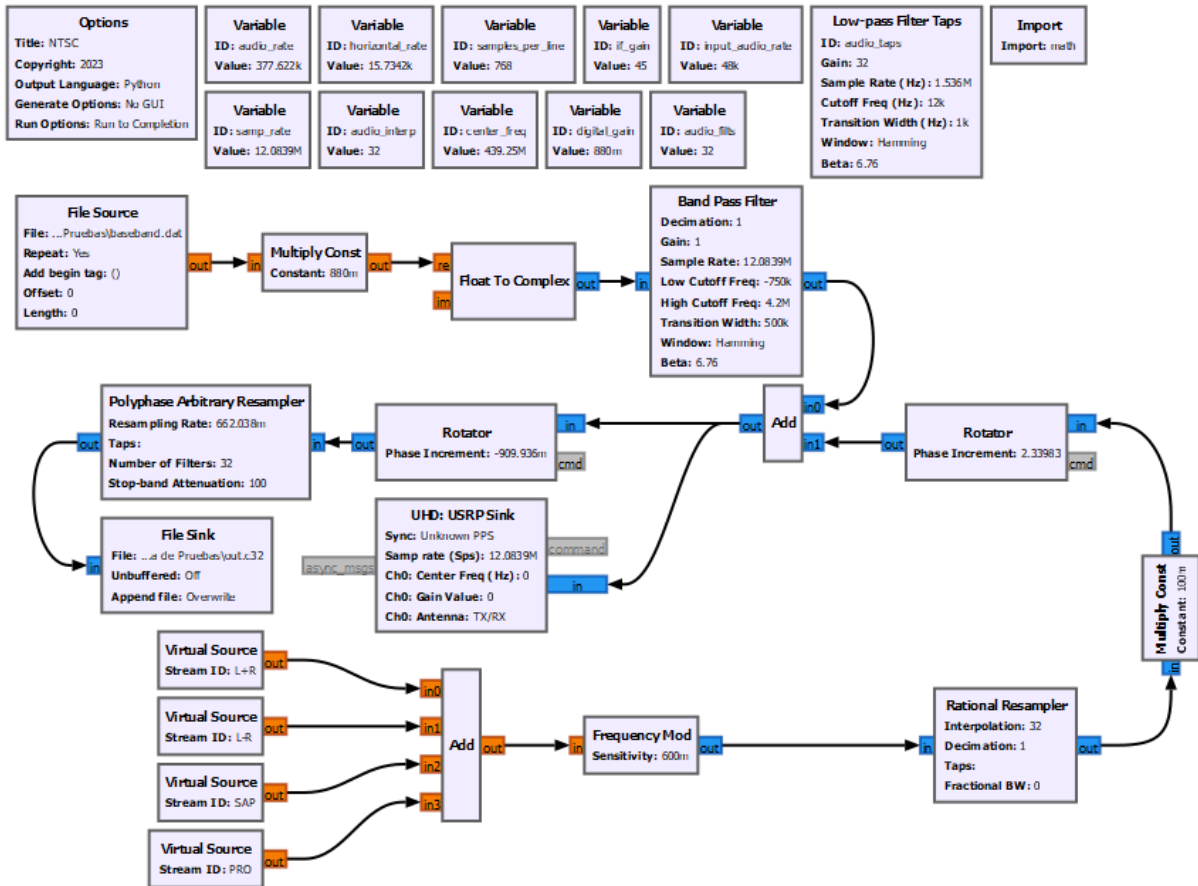


Figura 6: Implementación en GNU Radio del estándar NTSC.
Fuente: Elaboración propia.

La representación de la señal transmitida en el espectro es visible en la figura 5. En esta representación, se pueden identificar claramente las distintas componentes que conforman la señal de televisión NTSC. Entre ellas, se destaca la sección auditiva, que se encuentra situada en la frecuencia de 4.5 MHz, así como la portadora de video que ocupa 1.25 MHz. Estos valores reflejan las especificaciones establecidas en el estándar.

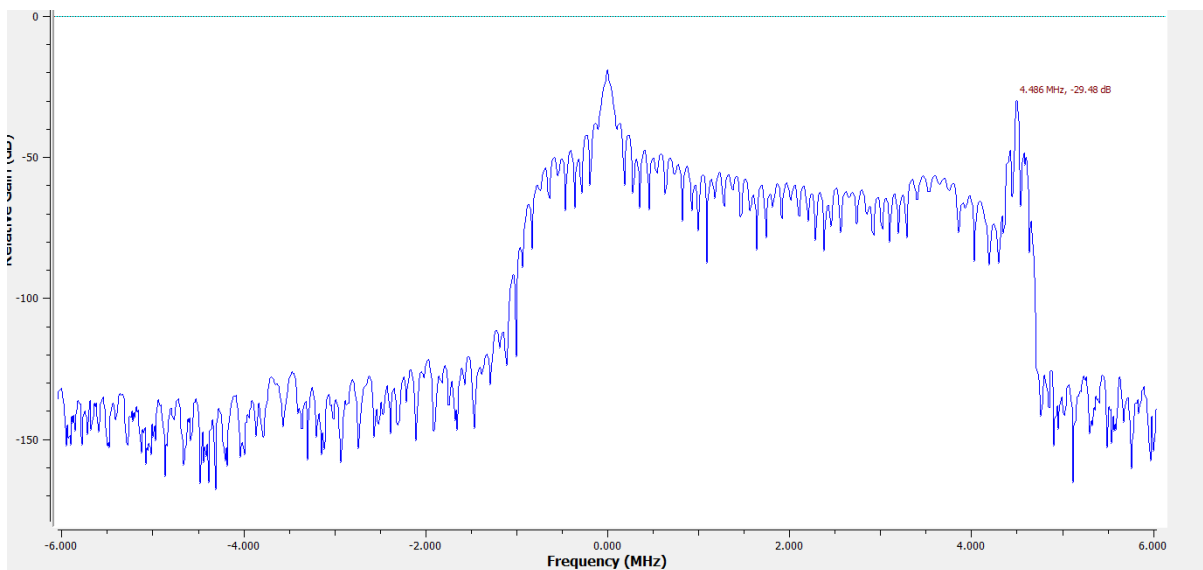


Figura 7: Dominio de la frecuencia de la señal transmitida en el estándar de televisión NTSC.
Fuente: Elaboración propia.

IV. CONCLUSIONES

La implementación exitosa de un transmisor NTSC utilizando GNU Radio y el dispositivo NI-USRP N210 junto con la antena VERT900 Vertical Antenna ha demostrado ser un proceso eficaz con los estándares de televisión NTSC. A través de un enfoque metódico y técnicas avanzadas de procesamiento de señales, se logró transmitir señales de video y audio.

En conjunto, esta implementación no solo demostró la viabilidad de utilizar herramientas como GNU Radio y dispositivos como el NI-USRP N210 para la transmisión NTSC, sino que también resaltó la importancia de comprender los parámetros y procesos esenciales involucrados en la transmisión de señales de televisión. Esta experiencia no solo contribuye al desarrollo tecnológico, sino que también resalta el papel vital que juegan las técnicas de procesamiento de señales y la implementación precisa en la transmisión de información en el mundo de la comunicación visual y auditiva.

V. REFERENCIAS

- [1] M. Á. Sastoque-Caro, G. A. Puerto-Leguizamón, y C. A. Suárez-Fajardo, “Opportunities to implement Software Defined Radio in network sensors”, *Rev. Fac. Ing.*, vol. 26, núm. 45, pp. 137–148, abr. 2017, doi: 10.19053/01211129.v26.n45.2017.6422.
- [2] “GNU Radio - The Free & Open Source Radio Ecosystem · GNU Radio”, GNU Radio. <https://www.gnuradio.org/> 2023.
- [3] “What is the National Television Standards Committee?”, United States Now, el 21 de mayo de 2023. <http://www.unitedstatesnow.org/what-is-the-national-television-standards-committee.htm>. 2023.
- [4] “MINTIC Colombia - Servicio de Televisión Abierta”, MINTIC Colombia. <http://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-propertyvalue-461784.html> 2023.
- [5] S. Chie, M. Zambrano, y C. Medina, “Estándares actuales de televisión digital: Una breve reseña”, *Prisma Tecnológico*, vol. 6, núm. 1, pp. 19–23, 2015.
- [6] “1.0 Standards Archives”, ATSC : NextGen TV. <https://www.atsc.org/atsc-documents/type/1-0-standards/> . 2023.
- [7] I. I. Couch, W. León, y R. Navarro Salas, *Sistemas de comunicación digitales y analógicos*. 1998.
- [8] A. O. Mufutau, F. P. Guiomar, A. Oliveira y P. P. Monteiro, «Software-Defined Radio Enabled Cloud Radio Access Network Implementation Using OpenAirInterface.» *Wireless Personal Communications*, p. 1233–1253, 2021.
- [9] A. A. D. Barrio, J. P. Manzano, R. Hermida, J. P. Álvaro Villarín, M. Zapater y J. Ayala, «HackRF + GNU Radio: A software-defined radio to teach communication theory.» *International Journal of Electrical Engineering & Education*, vol. 60, pp. 23-40, 2023.
- [10] P. Rahimi, C. Chrysostomou, H. Pervaiz, V. Vassiliou y Q. Ni, «Joint Radio Resource Allocation and Beamforming Optimization for Industrial Internet of Things in Software-Defined Networking-Based Virtual Fog-Radio Access Network 5G-and-Beyond Wireless Environments.» *IEEE Transactions on Industrial Informatics* , vol. 18, pp. 4198 - 4209, 2022.
- [11] G. Alvarez y M. Elizabeth, «Implementación de un sistema de transmisión de televisión digital basado en software usando SDR (radio definido por software), para el análisis de la factibilidad de la migración de televisión analógica a digital en Ecuador.» *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Chimborazo*, 2017.
- [12] A. M. R. Placencia, «Implementación de un sistema de transmisión de televisión analógica NTSC.» *Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima*, 2017.
- [13] E. F. Pupo, R. C. Alvarez, A. G. García y R. D. Hernández, «Protection ratios and overload thresholds between 700 MHz FDD-LTE and analog/digital terrestrial television.» *2020 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, pp. 1-5, 2020.