

Simulación y comparación de características técnicas de dos normas de radiodifusión digital para facilitar su regulación y adopción en Bogotá

Simulation and comparison of two digital broadcasting standards technical characteristics to facilitate their regulation and adoption in Bogotá

Alberto de Jesús García Rudas¹

Mónica Andrea Rico-Martínez²

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

Resumen

La radiodifusión sonora es una tecnología muy utilizada y conocida a nivel mundial, se encuentra catalogada como una de las principales fuentes de acceso a la información, en los lugares donde no pueden llegar medios como la televisión, el Internet y la telefonía celular, suministrando una variada programación, desde entretenimiento, divulgación de noticias, deportes, etc.

¹ Ingeniero de telecomunicaciones, adgarciaru@unadvirtual.edu.co

² Ingeniera de telecomunicaciones, magister en ingeniería electrónica, doctora en ingeniería, <https://orcid.org/0000-0002-6050-1398> / monica.rico@unad.edu.co

Palabras clave: radiodifusión sonora, radio digital, redes emergentes.

Abstract

Sound broadcasting is a widely used and known technology worldwide, it is classified as one of the main sources of access to information, in places where media such as television, the Internet and cell phones cannot reach, providing a varied programming, from entertainment, news dissemination, sports, etc.

Key words: Sound broadcasting, digital radio, emerging networks.

1. Introducción

La radiodifusión digital sonora, consiste en la digitalización de la señal a través de técnicas como OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), con el fin de mejorar la eficiencia de espectro y la calidad del audio, entre otros. Desde hace un tiempo, algunos países pertenecientes a la Unión Europea, Asia y Norte América, han venido trabajando en la implementación de la radiodifusión digital, para con ello ir desplazando poco a poco la radiodifusión analógica. La radiodifusión digital ofrece una gran cantidad de beneficios en comparación con la radio analógica, desde una mejor calidad de la señal, hasta un menor consumo de energía en sus emisiones.

Existen 4 tipos de estándares de radio digital que buscan abrirse mercado en la actualidad, entre ellos se encuentra el sistema de radiodifusión de audio digital (DAB) desarrollado en la Unión Europea, el sistema digital de radio mondiale (DRM) implementado en China, el sistema en banda dentro del canal (IBOC) desarrollado en Estados Unidos y la radiodifusión digital de servicios integrados (ISDB) desarrollada en Japón; cabe indicar que Colombia no cuenta con ningún estudio técnico que permita conocer qué tipo de estándar digital se podría implementar, para la migración de la radio analógica a la digital, así mismo hasta la fecha no se ha adoptado ningún sistema de radiodifusión digital, las únicas emisiones de radio digital existentes en Colombia están ligadas a la televisión digital terrestre (TDT), que trasmite algunos canales de solo audio como: RCN Radio, La FM, Radio Uno, etc.

Colombia no se puede quedar atrás con respecto a otros países en la evolución de la radio analógica a la tecnología digital, algunas naciones ya han migrado casi en su totalidad de la radiodifusión analógica a la digital, mientras que otros se encuentran en este proceso, la mayoría de los países de América Latina exceptuando a Brasil, Panamá y México se encuentran eligiendo cuál es el mejor sistema que se adapte a las condiciones de cada terreno y cada país, y por tanto estableciendo cuál estándar adoptar.

Bogotá, como capital del país, aún no posee ningún estudio técnico, que permita establecer qué tipo de estándar de radio digital se ajuste más a las necesidades de los diferentes radioescuchas, por tanto, el impacto que tiene el realizar simulaciones sobre esta población es muy grande y sobre todo innovador, porque infiere la incursión de una nueva tecnología. Adicional a esto, en la metodología establecida para el trabajo de investigación se establecerán las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas de radio digital en estudio, desde un punto de vista técnico, que también serán medidos mediante las simulaciones.

2. Metodología

La metodología empleada es PHVA, que incluye 4 etapas: planear, hacer, verificar y actuar. Estas etapas están articuladas con los objetivos específicos y las actividades planteadas en el proyecto, de tal forma que se puedan cumplir las metas del proyecto y al finalizar poder cumplir con el desarrollo de la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se realiza la comparación e identificación de un estándar de radiodifusión digital adecuado para implementar en la ciudad Bogotá?

3. Resultados y discusión

En este proyecto de los 4 estándares de radiodifusión sonora desplegados en el mundo, se seleccionan DAB e IBOC HD Radio, para realizar la simulación y comparación técnica. Posteriormente, se hace necesario seleccionar los equipos de radiodifusión adecuados para la

simulación en el programa Xirio, transmisores y receptores tanto de DAB como del sistema IBOC, teniendo en cuenta que se simularán las características técnicas de los equipos empleados comercialmente.

El equipo de radiodifusión digital terrestre para transmisiones del protocolo digital DAB, que más se ajusta al presente proyecto, es el equipo de la serie Maxiva OP, perteneciente a la empresa GatesAir, en vista que dicho equipo de radiodifusión cuenta con varios estándares de modulación digital, entre ellos están: DVB-T, DVB-T2, ISDB-T / Tb, DAB / DAB +, ATSC y PAL / NTSC analógicos, cuenta con el sistema de doble transmisión (Dualcast), adicionalmente, es el equipo que suministra la potencia más alta. En la configuración de la simulación mediante la herramienta Xirio, se ajusta a 50 kW la potencia de salida del transmisor, de igual forma se selecciona el cerro conocido como colinas de Suba, como lugar del emplazamiento, debido a que en este lugar se encuentran ubicadas la mayoría de las antenas de radiodifusión en la ciudad de Bogotá, junto con los cerros orientales.

El sistema de radiodifusión digital DAB opera en la banda III, que va desde 174 MHz hasta 230/240 MHz y en la banda L, que va de 1452 MHz hasta 1479,5 MHz, para la simulación se selecciona la banda III, esta banda de frecuencias presenta menor pérdida en el espacio libre, tiene una mejor respuesta a obstáculos naturales o artificiales y se ve menos afectada por fenómenos como la difracción, en comparación con la banda L que se ve más afectada por estos fenómenos al tener una gama de frecuencias más alta y una longitud de onda más corta.

En las propiedades del estudio se elige la banda III VHF que va de 174 MHz a 240 MHz, por los motivos expuestos en el párrafo anterior el transmisor a utilizar es el Maxiva Op de GatesAir, seleccionado por tener las mejores características técnicas, como se evidencia en la Figura 1.

Parámetros de radio

Antena: Antena dipolo omnidireccional

Altura antena: 60 m

Orientación: 60 °

Inclinación mecánica: 2 °

Inclinación eléctrica: 0 °

Referencia de alturas de antenas

Alturas respecto a: Nivel de azotea

Usar altura de edificio: Capa de elevación (MDE)

Altura edificio: 0 m

Frecuencias de transmisión

Frecuencias	Canal
175.000 MHz	50

Polarización: Cruzada

Feeder: cable Heliacx 3/8"

Longitud del feeder: 60 m

Pérdidas del feeder: 1.51 dB

Pérdidas pasivos: 0 dB

Potencia: 50 KW

Figura 1. Propiedades del estudio de cobertura (estándar DAB). Fuente: adaptado de Xirio-online (2022).

Por otra parte, para el caso de IBOC HD Radio, se configura un equipo para la transmisión AM y otro equipo para la transmisión FM. Analizando los equipos de transmisión de radio digital en AM disponibles en el mercado, el equipo Flexiva DAX es el transmisor que más se adapta al proyecto, en vista que es el único que ofrece la opción del AM digital híbrido. Adicionalmente, Flexiva DAX funciona con una tecnología de modulación de alta eficiencia, conocida como modulación adaptativa digital, donde utiliza una forma de onda AM generada digitalmente con corrección adaptativa basada en DSP, la cual brinda un alto rendimiento ya que muestrea la salida modulada y corrige dinámicamente la no linealidad (GatesAir, s.f.a)

En los parámetros de transmisión se deben tener en cuenta algunos aspectos importantes y completamente necesarios para conocer el alcance real de la simulación en Xirio, como son los siguientes: La frecuencia de trabajo es la frecuencia comprendida en la banda de AM comercial (535-1705 KHz). La potencia a utilizar es de 6 KW, rango máximo del transmisor

flexiva DAX Para transmisiones de amplitud modulada, es una potencia relativamente baja, pero suficiente para transmitir en la ciudad de Bogotá, como se puede apreciar en la Figura 2.

Parámetros de radio

Antena: Torre de radiodifusion - Dipolo

Altura antena: 60 m

Orientación: 90 °

Inclinación mecánica: 0 °

Inclinación eléctrica: 0 °

Referencia de alturas de antenas

Alturas respecto a: Nivel de azotea

Usar altura de edificio: Capa de elevación (MDE)

Altura edificio: 0 m

Frecuencias de transmisión

Frecuencias	Canal
550.000 KHz	1

Polarización: Circular

Feeder: cable Heliax 3/8"

Longitud del feeder: 10 m

Pérdidas del feeder: 0.80 dB

Pérdidas pasivos: 0 dB

Potencia: 6 KW

Figura 2. Propiedades del estudio de cobertura (estándar IBOC HD RADIO AM). Fuente: adaptado de Xirio-online (2022).

Por otra parte para el caso de FM, el equipo de radio que más se adapta a las necesidades del proyecto, teniendo en cuenta que se desea simular un sistema híbrido, es el Flexiva FLX, por su capacidad de transmitir la señal analógica y la señal digital en el mismo canal, (modo híbrido), así mismo, el transmisor Flexiva FLX es un equipo de estado sólido para FM refrigerado por líquido, que permite transmisiones analógicas y digitales, ofrece soluciones de gran eficiencia a la hora de realizar emisiones, tanto digitales como analógicas de FM. En este caso se configura una potencia de 80 KW, se establece las mismas frecuencias que FM (88-108 MHz) y se establece en la misma ubicación (cerro colinas de Suba).

Una vez configurados los parámetros de transmisión, recepción, zona de cubrimiento y rango de señal, entre otros en los dos estándares como

se describió, se procede a simular la cobertura para la ciudad de Bogotá. En las siguientes figuras, se evidencia los resultados de cobertura de una antena transmisora.

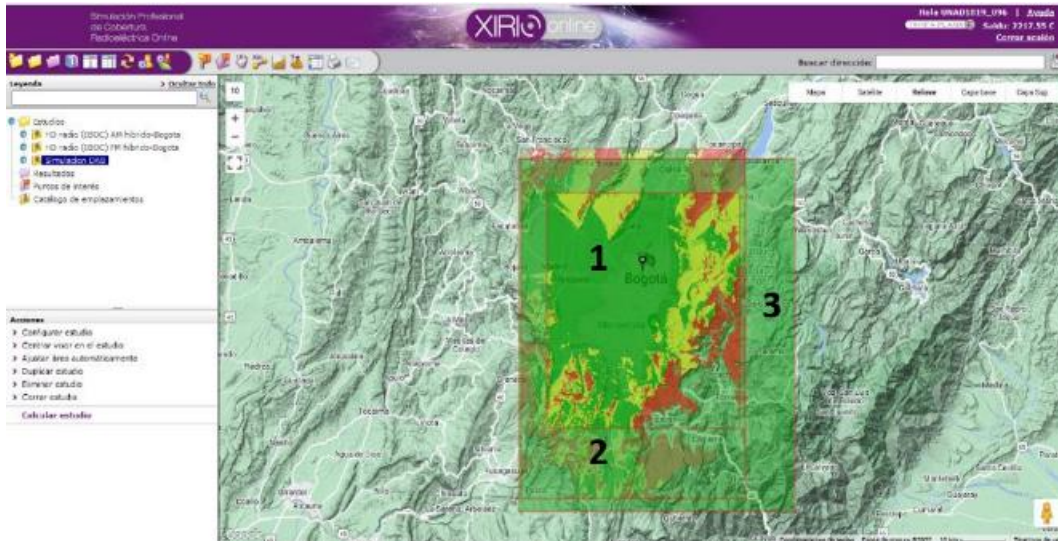


Figura 3. Simulación estándar IBOC y DAB en Bogotá. Fuente: adaptado de Xirio-online (2022).

En la Figura 3 se pueden apreciar los tres estudios de forma simultánea, el número 1 representa el estándar DAB, el número 2 el sistema IBOC híbrido AM y el número 3 el estándar IBOC híbrido FM. Se observa que el área de cálculo de la simulación del estándar DAB es el más reducido, seguido del área de cálculo del HD radio IBOC FM híbrido y por último se puede notar que el área de cálculo del sistema HD radio IBOC AM híbrido es mayor, por la naturaleza de su propagación. Las mediciones de cobertura, establecen un valor de señal recibida, por tanto, el indicador de medición es la RSS (received signal strength) que traduce, intensidad de la señal recibida, es una escala de referencia, utilizada para medir el campo de las señales recibidas por algún dispositivo que utiliza redes inalámbricas, mencionadas señales eléctricas se expresan generalmente como dBu (unidades más comunes empleadas en audio y acústica (Rubio Chávez, 2010). El color verde representa una excelente recepción (excelente intensidad de campo), que va de 67.00 dBu hasta infinito, el color amarillo indica una señal intermedia de recepción que va de 47.00 dBu hasta 67.00 dBu. El color rojo describe una señal baja que va desde 37.00 dBu (umbral) hasta 47.00 dBu. De acuerdo con valores establecidos en Reino Unido 37 dBu, es la fuerza de campo mínima para la banda III, en transmisiones DAB (Digital Audio Broadcasting (DAB); Signal strengths and receiver parameters; Targets for typical operation. European Telecommunications Standards Institute, 2000).

En el estándar IBOC FM híbrido, se establece un rango de la señal recibida RSS, el color verde representa una excelente recepción, que va de 80.00 dBu hasta infinito, el color amarillo representa una señal intermedia que va de 60.00 dBu hasta 80.00 dBu, el color rojo describe una señal baja que va desde 54.00 dBu (umbral) hasta 60.00 dBu, cabe indicar que el estándar HD Radio (IBOC) FM híbrido, transmite la señal digital y la señal analógica, de ahí la diferencia en el rango de señal con respecto al estándar DAB, que solo transmite la señal digital. (De acuerdo al artículo IBOC Coverage and Interference (cobertura e interferencia de IBOC) presentado por NAB Radio & Broadcasters Clinic en el año 2006).

Para realizar el análisis comparativo, se toman 10 muestras de cada rango de señal de las 3 simulaciones realizar. En la Figura 4 se visualiza la gráfica estadística comparativa de los estándares de radiodifusión digital DAB y HD Radio (IBOC) tanto para AM como para FM, cuando la señal tiene un rango excelente. En dicha estadística se compara el sistema DAB, el cual se encuentra representado por el color azul, el sistema HD radio (IBOC) AM híbrido con el color naranja y el sistema HD radio (IBOC) FM híbrido representado por el color gris.

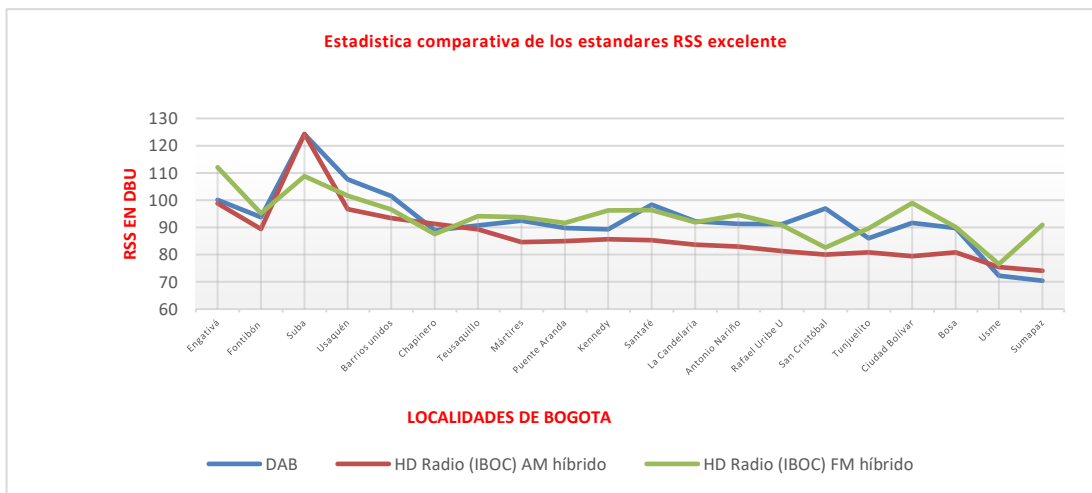


Figura 4. Estadística comparativa estándares RSS "Excelente".

Se puede apreciar que, en la localidad de Suba, lugar donde están ubicadas las antenas transmisoras, la intensidad de la señal recibida es mayor para los tres estudios en comparación con el resto de localidades.

En la siguiente figura se aprecia la comparación de las muestras

tomadas en el rango intermedio.

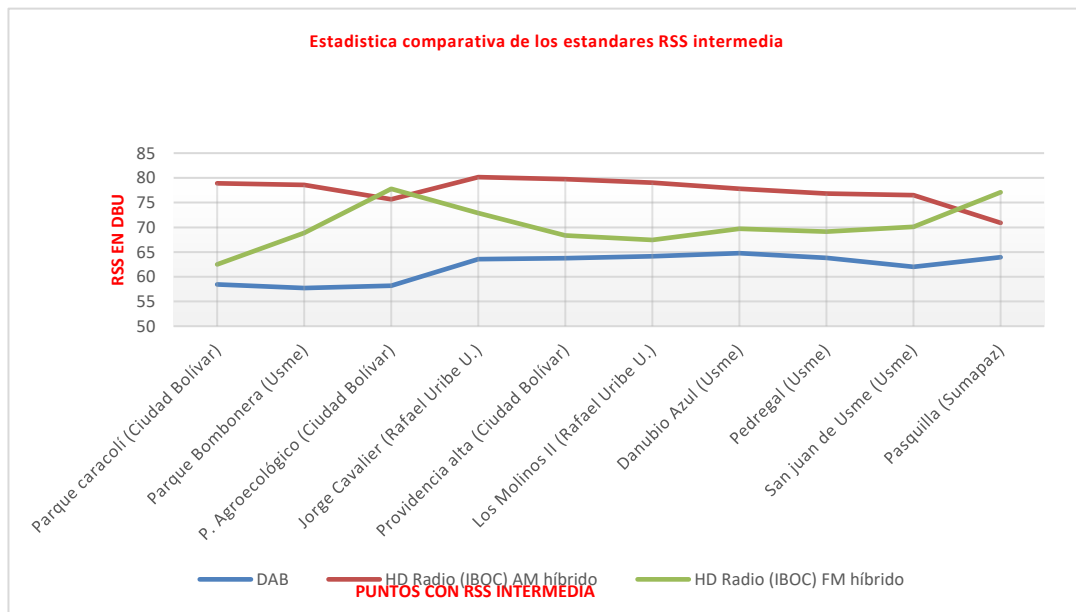


Figura 5. Estadística comparativa estándares RSS "Intermedio".

La gráfica muestra que el estándar HD radio (IBOC) AM híbrido, representa la señal con mayor nivel de recepción en comparación con las otras dos señales, así mismo, la señal de HD radio FM híbrido, es la transmisión que tiene el rango de señal más bajo en los puntos estudiados.

Tomando como referencia la ecuación descrita a continuación, la desviación estándar es una herramienta que permite conocer la cantidad de variación en una característica medida, permite calcular cuánto se espera que una medición individual se desvíe de la media en promedio, es decir, cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor dispersión hay en los datos del proceso (Olano, 2020).

Para calcular la desviación estándar en cada una de las mediciones anteriores, se emplea la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N}} \quad (1)$$

Donde:

σ = Desviación estándar

x_i = Cada valor que toma la variable

μ = Media o promedio

N= Tamaño de la población

La Tabla 1 indica la desviación calculada para el estándar DAB, IBOC híbrido AM e IBOC híbrido FM, cuando el RSS es excelente.

Tabla 1. Desviación estándar en RSS excelente

Estándar digital	DAB	IBOC híbrido AM	IBOC híbrido FM
Desviación Estándar σ	11,2646384	10,89462272	7,913288275

Se puede observar que el sistema DAB es el estándar que presenta una mayor desviación, es decir, tiene una mayor dispersión en los datos suministrados por la simulación, mientras que el sistema HD radio FM híbrido, es el estándar que posee menor dispersión en los datos. Teniendo en cuenta lo anterior, es posible indicar que en el estándar DAB existe una mayor variación de la recepción dependiendo de la ubicación de la antena transmisora, mientras que en la recepción de IBOC híbrido FM la potencia de la señal recibida tiene menor variación.

4. Conclusiones

Actualmente la banda FM se encuentra saturada en Bogotá, lo que ocasiona que no se puedan adjudicar más licencias comerciales. Adicionalmente, existen algunas emisoras comunitarias que comparten el mismo dial, lo que puede generar interferencias entre ellas, lo anterior demanda la realización de proyectos de interés nacional para analizar las alternativas que puede seguir el país, con el fin de dar solución a la problemática y con ello liberar espacio EM que pueda satisfacer la demanda que tiene el país en emisoras de radiodifusión sonora.

Se pudo evidenciar que en la actualidad existen 4 estándares de radiodifusión digital, que se encuentran en proceso de implementación a nivel mundial, el sistema DAB (Digital Audio broadcasting) creado en la Unión Europea, el estándar DRM (Digital Radio Mondiale) desarrollado en China, el sistema en banda dentro de canal IBOC (In-band On-channel) creado en Estados Unidos y la Radiodifusión digital de servicios integrados ISDB-Tsb (Terrestrial sound broadcasting) desarrollado en Japón. Los estándares seleccionados para el estudio comparativo fueron el sistema DAB y el sistema IBOC, debido a que se emplean en algunos países latinoamericanos y en continentes como Europa que tiene gran parte de su topografía similar a Colombia, por sus terrenos montañosos y alta vegetación. Adicionalmente, dichos estándares tienen mayor potencia en el transmisor.

La simulación efectuada se diseñó teniendo en cuenta un escenario real de implementación en Bogotá. Para esto, se realizó el diseño de las simulaciones en el programa Xirio, teniendo en cuenta todas las características técnicas de cada uno de los estándares a comparar, de igual forma se relacionaron los equipos que permiten este tipo de transmisiones. En cuanto a la frecuencia, para el sistema DAB se utilizó la banda III (174 a 240 MHz) por tener una mejor respuesta a los obstáculos naturales y artificiales. En el estándar HD Radio (IBOC), se utilizó el modo híbrido, para transmitir tanto la señal digital como la analógica en las mismas frecuencias que emplea la radio analógica.

Con respecto a las simulaciones realizadas, se puede concluir que los dos estándares en mención cumplen con la cobertura de señales de radiodifusión digital en la mayoría de las localidades de Bogotá y algunos municipios aledaños, es decir, los dos estándares tendrían cobertura en Bogotá. En cuanto al análisis de la potencia recibida en los diferentes puntos de medición, el estándar HD Radio (IBOC) FM híbrido, es el sistema que mejor respuesta presenta en cuanto a la desviación de los datos analizados en potencias con niveles excelentes. El sistema HD Radio (IBOC) AM, presenta los niveles más bajos en la desviación, cuando los niveles de señal se enmarcan en intermedio y bajo. Teniendo en cuenta que el estudio realizado es para la ciudad de Bogotá, el estándar DAB es el sistema que presenta mayor desviación estándar o dispersión de datos en la zona de interés.

El sistema de radiodifusión digital que más se adapta a la ciudad de Bogotá es el estándar HD Radio (IBOC), tanto en FM híbrido como en AM híbrido, por tener la posibilidad de transmitir en los dos modos, la señal analógica y digital, permitiendo la transición de un sistema al otro, asimismo emplea la gama de frecuencias utilizada en AM y FM analógico, lo cual permite seguir utilizando los receptores de radio tradicionales (analógicos). Por su parte, DAB, no facilita esta transición, por ser estrictamente digital, y a diferencia del estándar DAB utiliza una gama de frecuencias que ya se encuentran asignadas a otras tecnologías.

Referencias

- GatesAir (s.f.a). Flexiva DAX TM | Transmitir: Radio.
<https://www.gatesair.com/es/products/transport/transmit-radio/flexiva-dax>
- GatesAir (s.f.b). Serie OP de Maxiva TM | Transmisores UHF.
<https://www.gatesair.com/es/products/transmit-tv/uhf-transmitters/maxiva-op-series>
- ITU (1994). Satellite-broadcasting systems of ISDB (integrated services digital broadcasting). <https://www.itu.int/pub/R-REP-BO.1227-1-1994>
- JTC (2021). ES 201 980 - V4.2.1 - Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification. <https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>
- JTC (2017). TS 102 563 - V2.1.1 - Digital Audio Broadcasting (DAB); DAB+ audio coding (MPEG HE-AACv2).
<https://portal.etsi.org/TB/ETSIDeliverableStatus.aspx>
- Lax, S., Ala-Fossi, M., Jauert, P. & Shaw, P. (2008). DAB: the future of radio? The development of digital radio in four European countries. *Media, Culture & Society*, 30(2), 151-166.
<http://dx.doi.org/10.1177/0163443707086858> Ministry for Culture and Heritage. (2008). Digital Broadcasting: Review of Regulation. Volume Two. New Zealand Government.
<https://mch.govt.nz/files/DigitalBroadcastingReviewofRegulationVolumeTwo.pdf>
- Moumtad, F., Delgado-Hernández, J.C. & Vicente-Vivas, E. (2011). Consideraciones técnicas de los estándares de radiodifusión terrestre DAB e IBOC. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 12(3).
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000300012
- Olano, J. (2020). ¿Qué es la desviación estándar y cómo la calculo? (s.d).
- Pasi, V., Nigam, P. & Chaurasia, V. (2013). Review on OFDM a Brief Survey. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(11), 2250-3153. <https://www.ijsrp.org/research-paper-1113.php?rp=P232020>

Trainotti, V. & Calvo, C. (1990). Simplified Calculation of Coverage Area for MF AM Broadcast Stations. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 32(3), 1990, <http://doi.org/10.1109/74.80525>

Xirio Online (s.f.). *Manual Xirio*. <https://www.xirio-online.com/web/help/es/index.htm>

Zapata, A. (2016). *Ciclo de la calidad PHVA*. Universidad Nacional de Colombia.