



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Estudio de vigilancia tecnológica sobre TV White Spaces, enfocado a la conectividad en zonas rurales en Colombia

Omar Edgardo Vargas Rojas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Ingeniería de sistemas e industrial

Bogotá, Colombia

2022

Estudio de vigilancia tecnológica sobre TV White Spaces, enfocado a la conectividad en zonas rurales en Colombia.

Omar Edgardo Vargas Rojas

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ingeniería de sistemas y computación

Director (a):

Ingrid Patricia Páez Parra

Ph.D. Ingeniería de Telecomunicaciones

Línea de Investigación:

Sistemas y organizaciones

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ingeniería, Departamento de ingeniería de sistemas e industrial

Bogotá, Colombia

2022

Los grandes triunfos en nuestra vida se logran con esfuerzo y dedicación. Sacarán lágrimas de nuestros ojos, se crearán pensamientos de derrota los cuales debemos afrontar con gran madurez. Dios no dijo que esta vida yacería cómoda, pero si fuera tan fácil sería una vida vacía.

O.V

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Nombre

Fecha DD/MM/AAAA

Fecha

Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día. Agradecerle inmensamente a mi directora Ingrid Páez y la asesora Diana Cardona por su inmensa labor en trabajo de maestría, Dios las bendiga.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Resumen

Estudio de vigilancia tecnológica sobre TV White Spaces, enfocado a la conectividad en zonas rurales en Colombia.

La elaboración de esta investigación va dirigida a conocer los aspectos más importantes de la tecnología TV White Spaces (TVWS), operación, arquitectura, casos de uso, regulación e implementaciones en Colombia y en diversas partes del mundo, como punto de partida a la evolución de las comunicaciones inalámbricas en el sector rural.

El primer paso para conocer el estado actual de la tecnología, se adopta el proceso de vigilancia tecnológica (VT) de las cuales se aplican las fases planeación, búsqueda y captación y análisis y organización.

En la primera fase de planificación se encuentra que no existe en Colombia ningún estudio existente de vigilancia tecnológica de la tecnología TVWS y que nos abrimos paso a factores que podremos alcanzar con este estudio tales como la anticipación temprana de cambios tecnológicos, minimización de riesgos tecnológicos asociados a innovación y a exponer la detección temprana de oportunidades y de cooperación tecnológica. Seguidamente expone las necesidades existentes en Colombia y los factores críticos de vigilancia de los TVWS como la tecnología que reduzca esa brecha de la no conectividad.

Una vez terminada la fase de planificación abrimos paso a la fase de búsqueda y captación que por medio de una ecuación declarada en cada uno de los diferentes motores y bibliotecas online nos aporte información de los TVWS en el sector rural. Con esta información recolectada se realiza un corpus de información.

El proceso final es el análisis de toda la información recolectada, y en base a esa información se hace la extracción y el debido tratamiento analítico en las diversas ilustraciones que me genera el software VOSviewer y el estudio de la asociación de cada uno de los factores críticos de vigilancia.

Como conclusión general a todo este proceso de vigilancia tecnológica es dar a conocer y recomendar el uso en Colombia de la arquitectura estación base – cliente con equipos georreferenciados que resuelven que canales están disponibles y logran conectividad a largas distancias, superando interferencias y demostrando ventajas sobre demás tecnologías inalámbricas con referencia a costo, infraestructura, usos, legislaciones y regulaciones. Se da a conocer que las topologías (MESH) y como las tecnologías inalámbricas existentes (Wi-Fi, LTE, 5G) se pueden implementar de manera híbrida con los TVWS para sectores rurales con viviendas dispersas una de otra, en donde en la implementación con otras tecnologías se vuelve inviable.

Palabras clave: VT, TVWS, Rural, espacios en blanco de la televisión, vigilancia tecnológica.

Abstract

Technological surveillance study on TV White Spaces, focused on connectivity in rural areas in Colombia

The elaboration of this research is aimed at knowing the most important aspects of TV White Space (TVWS) technology, operation, architecture, use cases, regulation and implementations in Colombia and in various parts of the world, as a starting point for evolution. of wireless communications in the rural sector.

The first step to know the current state of technology, the technological surveillance process (VT) is adopted, of which only the phases (planning, search and analysis) are applied.

In the first planning phase, it is found that there is no existing study of technological surveillance of TVWS technology in Colombia and that we make way for factors that we

will achieve with this study, such as the anticipation of technological changes, minimization of technological risks associated with innovation. and to expose the early detection of opportunities and technological cooperation. Next, they expose the existing needs in Colombia and the critical surveillance factors of the TVWS, such as the technology that reduces this gap of non-connectivity.

Once the planning phase is over, we open the way to the search phase that, through an equation declared in each of the different engines and online libraries, provides us with information on the TVWS in the rural sector. With this collected information, a corpus of information is made.

The final process is the analysis of all the information collected, and based on that information, the extraction and due analytical treatment is made in the various illustrations generated by the VOSviewer software and the study of the association of each of the critical factors of vigilance.

As a general conclusion to this entire technological surveillance process, it is to publicize and recommend the use in Colombia of the base station-client architecture with georeferenced equipment that resolves which channels are available and achieves connectivity over long distances, overcoming interference and demonstrating advantages over other wireless technologies with reference to cost, infrastructure, uses, laws and regulations. It is disclosed that the topologies (MESH) and how the existing wireless technologies (Wi-Fi, LTE, 5G) can be implemented in a hybrid way with the TVWS for rural sectors with dispersed homes from one another, where in the implementation with other technologies become unfeasible.

Keywords: (TVWS, VT, Rural, TV White Spaces, technological surveillance).

XII Estudio de vigilancia tecnológica aplicado a la tecnología Tv White Spaces, enfocado al mejoramiento de la conectividad rurales en Colombia.

Este Trabajo Final de maestría fue calificado en diciembre de 2022 por el siguiente evaluador:

Jorge Eduardo Ortiz Triviño PhD.
Profesor Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Contenido

	Pág.
Resumen.....	IX
Lista de figuras.....	XII
Lista de tablas	XIII
Introducción	1
1. Descripción del estado actual de la tecnología TV White Spaces.....	22
1.1 Espacios en blanco de televisión-TVWS	22
1.1.1 Gestión del espectro.....	23
1.1.2 Operación de los TVWS	23
1.1.3 Arquitectura TVWS.....	24
1.1.4 Casos de uso para utilizar TVWS	24
1.1.5 Regulación de los TVWS	25
1.1.6 Estándares internacionales TVWS.....	26
1.1.7 Implementaciones Internacionales.....	27
1.1.8 Implementaciones Nacionales	30
1.2 Vigilancia Tecnológica -VT	31
1.2.1 Definición.....	29
1.2.2 Fases de Vigilancia Tecnológica.....	34
1.2.3 Estudios de Vigilancia Tecnológica en Latinoamérica y el mundo.....	32

1.2.4 Estudios de Vigilancia Tecnológica en Colombia.....	33
2. Usos y conectividad sobre TVWS en zonas rurales a través de estrategias de búsqueda.....	35
2.1 Planificación.....	35
2.1.1 Identificación de necesidades.....	36
2.1.2 Factores críticos de vigilancia.....	37
2.2 Búsqueda y captación.....	38
2.2.1 Ecuación de búsqueda.....	38
2.2.2 Bitácora de búsqueda	40
2.3 Análisis y organización	42
2.3.1 Análisis de artículos	42
2.3.2 Análisis de patentes	47
2.3.3 Análisis cuantitativo	50
2.3.4 Análisis DAFO-CAME.....	54
2.3.5 Perfil de competidores y Matriz de competitividad.....	55
3. Recomendaciones para el uso de TV White Spaces en las zonas rurales en Colombia de acuerdo a las fases establecidas.....	58
4. Conclusiones y recomendaciones	62
4.1 Conclusiones.....	62

4.2	Recomendaciones.....	60
A.	Anexo: Corpus de información.....	62
	Bibliografía.....	87

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Método de acceso a bases de datos TVWS.....	23
Figura 1-2: Arquitectura TVWS.....	21
Figura 2-1: Factores críticos de la tecnología TVWS.....	37
Figura 2-2: Términos mas importantes en bibliografía en SCOPUS.....	43
Figura 2-3: Densidad en términos en la bibliografía Scopus.....	43
Figura 2-4: Actualidad de términos bibliografía	44
Figura 2-5: Autores con mas publicaciones en TVWS.....	44
Figura 2-6: Países de las publicaciones en TVWS.....	47
Figura 2-7: Países con patentes TVWS	48
Figura 2-8: Empresas solicitantes de patentes TVWS.....	48
Figura 2-9: Inventores TVWS.....	49
Figura 2-10: Fecha de publicaciones patentes TVWS.....	49
Figura 3-1: Base de datos nacional de disponibilidad de canales TVWS.....	57

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Definición de necesidades TVWS	37
Tabla 2-2: Ecuación de búsqueda principal	39
Tabla 2-3: Bitácora de búsqueda	40
Tabla 2-4: Bases de datos de patentes.....	41
Tabla 2-5: Relación factor infraestructura y costos	51
Tabla 2-6: Relación factor tecnología y patentes	53
Tabla 2-7: Relación factor políticas y legislación.....	54
Tabla 2-8: Matriz DAFO	55
Tabla 2-9: Matriz DOFA-CAME.....	54
Tabla 3-1: Relación dispositivos TVWS.....	61

Introducción

En la emisión de televisión gran parte del ancho de banda es subutilizado, para evitar interferencia se pueden asignar canales en blanco que son conocidos como TV White Spaces –“TVWS”, de ahí nace la idea de reutilización de frecuencias por lo tanto del uso más eficiente del espectro electromagnético, mejorando la calidad de la señal sin interferencias. La ventaja de estos espacios para transmitir información, se basa en la longitud de onda de la banda de TV que es capaz de abrigar grandes distancias, traspasar diferentes obstáculos y aun así tener una señal completa; por esta razón el uso de bandas del espectro de UHF – “Ultra High Frequency” de televisión está especialmente dirigido a suplir las necesidades de comunicar el sector rural y permitir enlaces a grandes distancias [1].

El interés general y deber del estado es promover el acceso eficiente y la igualdad de oportunidades a los habitantes que se encuentran en el sector rural. Entre las obligaciones que deben cumplir el ministerio TIC (Ministerio de las tecnologías de la información y de las comunicaciones) y el Gobierno están en generar oportunidades de producción de bienes y servicios en condiciones con igualdad en varios campos (conectividad, educación, contenidos y la competitividad) [2].

En Colombia se identificaron varios estudios de VT (Vigilancia Tecnológica) orientados a diversas tecnologías como nanotecnología, ciudades inteligentes y campo agropecuario, entre otros. Sin embargo, no se encontró estudios de VT orientado a la tecnología TVWS. El Plan Nacional de Conectividad Rural, tiene como meta propuesta hasta el año 2030, suplir la necesidad de Colombia de conectar las cabeceras municipales y zonas rurales, aprovechando el espectro de frecuencias que se dejaron de utilizar y no están en uso, al pasar la televisión análoga a la televisión digital [2].

El desconocimiento de las tecnologías emergentes es uno de los factores con el cual se puede identificar esta problemática en el sector rural, además acompañado de altos costos en las opciones de conectividad (satelital o fibra óptica). Basados en la problemática actual en Colombia y como pioneros en Latinoamérica en la adopción y reglamentación de los TVWS, es claro plantearnos la siguiente pregunta ¿Cuál es el estado actual de la tecnología TV White Spaces y sus usos en las zonas rurales en Colombia?.

Como eje central al estudio y una vez planteado lo que se busca, se define como objetivo general diagnosticar el estado actual, los usos y la conectividad de TV White Spaces en zonas rurales en Colombia a través del estudio de Vigilancia Tecnológica VT.

Para conocer el estado actual de los TV White Spaces en zonas rurales en Colombia, se utilizará estrategias de búsqueda en fuentes académicas, en patentes y en todo lo necesario, lo cual conduzca a establecer el avance de esta tecnología, sus usos y beneficios para el campo colombiano.

Una vez realizada la búsqueda y el análisis por medio de la metodología VT de las fuentes académicas, de patentes, análisis cuantitativo y análisis DAFO-CAME, en todo lo que involucre los TV White Spaces con el sector rural se propone basados en los análisis, las recomendaciones para el uso de TV White Spaces en zonas rurales en Colombia.

La Propuesta del Trabajo Final de Maestría se radicó el 11 marzo de 2019, aprobada en ACTA 006 en sesión del 04 de abril de 2019 por el Consejo de la Facultad de Ingeniería. Se solicitó el 28 de mayo del 2020, modificación del título y redefinición de objetivos, aprobado en el ACTA 012 en sesión del 11 de junio de 2020 por el Consejo de la Facultad de Ingeniería:

Objetivo general

- Diagnosticar el estado actual, los usos y la conectividad de TV White Spaces en zonas rurales en Colombia a través del estudio de Vigilancia Tecnológica (VT).

Objetivos específicos

1. Describir el estado actual de la tecnología TV White Spaces.
2. Examinar los usos y la conectividad de TVWS en zonas rurales a través de estrategias de búsqueda en fuentes académicas y patentes.
3. Proponer recomendaciones para el uso de TV White Spaces en zonas rurales en Colombia.

Para este estudio se utilizó la metodología VT de Palop-Marro, Sánchez-Torres [3][4][5], en las fases: planeación, búsqueda y captación, análisis y organización, análisis cuantitativo y análisis DAFO-CAME. Teniendo en cuenta el análisis, se proponen recomendaciones y conclusiones basados en un proceso exhaustivo de búsqueda en la literatura. Con ayuda de la VT (Vigilancia tecnológica) se identificó nuevas necesidades del mercado y mejoramiento de tecnologías ya existentes. La VT brinda información para la aplicación y creación de nuevas tecnologías y la evaluación del impacto en diferentes entornos.

La vigilancia tecnológica es una herramienta indispensable para las organizaciones, debe tenerse en cuenta que para realizarla se necesita una metodología a aplicar. La aplicación de dicha metodología requiere el establecimiento de un proceso de planeación, seguimiento, medición, análisis y mejora, en el cual se determinen las acciones necesarias para optimizar su desempeño.

En el capítulo 1 se expone en que consiste los TV White Spaces, conceptos, operación, arquitectura, casos de uso, regulación, estándares e implementaciones, continuando con el proceso de vigilancia tecnológica VT.

Luego en el capítulo 2 se implementan las fases: planeación, búsqueda y captación, análisis y organización del estudio VT, identificando necesidades, definiendo factores críticos de vigilancia, realizando la búsqueda avanzada de literatura, análisis

cienciométrico, análisis DAFO-CAME y relación de los artículos con los factores de vigilancia.

En el capítulo 3 se proponen las recomendaciones técnicas para la utilización de la tecnología TV White Spaces en las zonas rurales en Colombia.

Finalizando con el capítulo 4 se presentan las conclusiones generadas de las recomendaciones del capítulo anterior.

1.Descripción del estado actual de la tecnología TV White Spaces.

En el primer capítulo se encuentran los aspectos más importantes de la tecnología TV White Spaces, conceptos, operación, arquitectura, casos de uso, regulación, estándares e implementaciones. Luego se presenta el proceso de vigilancia tecnológica VT, casos de estudio en Colombia en el tema de investigación y relacionados. Adicionalmente se exponen los estudios VT en Latinoamérica y el mundo.

1.1 Espacios en blanco de televisión-TVWS

La tecnología TV White Spaces (TVWS) es conocida como las bandas de frecuencia que se encuentran desocupadas en el espectro VHF y UHF, sea que se trate de una señal analógica o digital [1]. En la radiodifusión de televisión para evitar interferencia entre canales de televisión, se asignan canales en blanco que son conocidos como “TV White Spaces”, ahí nace la idea de reutilización de frecuencias para un uso más eficiente del espectro electromagnético en el ámbito rural, mejorando la calidad de la señal sin interferencias. La ventaja de usar el espectro de emisión de televisión para transmitir información, se basa en la longitud de onda de la banda de televisión que es capaz de cubrir grandes distancias, traspasar diferentes obstáculos y aun así tener una señal integra y completa; por esta razón el uso de bandas del espectro de UHF de televisión está especialmente dirigido a suplir las necesidades de comunicar el sector rural y permitir enlaces a grandes distancias [1].

1.1.1 Gestión del espectro

La banda ancha ha mostrado un beneficio a la economía de los países y ha sido un apoyo en la reducción de la brecha económica, sin embargo, en Colombia, los lugares más apartados de las ciudades aún no cuentan con conexión a Internet [2].

Conforme a lo anterior el espectro radioeléctrico que provee conexiones de internet en las ciudades, no es suficiente para generar despliegue y cobertura a las zonas rurales del territorio colombiano. Es necesario analizar desde el punto de vista del espectro, posibles alternativas de conexión que no vayan en contra de las normativas de uso del espectro y no causen interferencias a los servicios ya existentes en las áreas a donde se desea conectar [2].

1.1.2 Operación de los TVWS

El modelo aprobado por la “*Federal Communications Commission*” (FCC) en EEUU, donde concede el acceso a clientes en los TVWS se conformará a partir de la habilitación de una base de datos geolocalizada (a la que los *White Spaces Devices* (WSD), previamente válidos por la autoridad de certificación en el país, han de pedir acceso, que se le concederá, en su caso, en forma de una potencia y una banda de frecuencias, a partir de su ubicación geográfica y otros parámetros característicos de cada WSD [6].

Figura 1-1: Método de acceso a bases de datos TVWS.



Fuente: Método de acceso a bases de datos de canales disponibles en TVWS [6]. ¡Error!

No se encuentra el origen de la referencia.

1.1.3 Arquitectura TVWS

Una arquitectura muy recomendada para un sistema de banda ancha que utiliza frecuencias TVWS , requiere ciertos componentes tales como [7] :

- Estación base de manera centralizada: Conectada a conexión de internet troncal de alta velocidad y de un lado una antena transmisora a 50 metros de altura que conoce previamente la ubicación de la antena receptora.
- Dispositivo cliente: Antena conectada en la ubicación del cliente para recepción del servicio.
- Un servicio de bases de datos central: Se encarga de mostrar canales de TV disponibles en el lugar de la implementación de esta arquitectura, que depende de su geolocalización.
- Equipo de gestión de red para configurar y dar control a los equipos conectados a la infraestructura TVWS.

Usando este tipo de arquitectura cualquier proveedor de servicios de internet (ISP) podría brindar acceso a banda ancha [8].

Figura 1-2: Arquitectura TVWS.



Fuente: Elaboración propia [8].

1.1.4 Casos de uso para utilizar TVWS

Se encuentran cuatro casos de uso en los cuales se puede utilizar TVWS para mejorar las condiciones actuales en las tecnologías Wi-Fi, M2M, banda ancha rural, extensión de cobertura celular [7].

Wi-Fi: Utiliza bandas 2.4Ghz, los TVWS pueden superar el alcance en 3 veces al Wi-Fi y no presentar atenuación con obstáculos y enlaces sin línea de vista [7].

M2M: El uso de TVWS para comunicaciones dispositivo a dispositivo (M2M) son dispositivos de baja latencia y conectividad asegurada. La mayoría de dispositivos no requieren operación en tiempo real y son compatibles con protocolos de acceso [7].

Banda ancha rural: Mayor disponibilidad de espacios en blanco en zonas rurales y con ventajas de propagación y costos de infraestructura [7].

Extensión de cobertura, capacidad y offloading en redes celulares: Es ideal el utilizar los TVWS cuando se presenta alto grado utilización, con el fin de extender cobertura. El *offloading* desvío de tráfico desde las infraestructuras móviles a puntos de acceso [7].

1.1.5 Regulación de los TVWS

Desde 2008, la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC), adoptó reglas que permiten que dispositivos de espacio en blanco (WSD) operar en la banda de TV en frecuencias donde el espectro no está en uso, con medidas de protección a usuarios [6]. Así que tecnologías estandarizadas bajo la restricción de regulación (FCC en EE. UU. o *Ofcom* (Comisión reguladora en Reino Unido) trabajaron conjuntamente otorgando el acceso de los canales inactivos al Usuario Primario (PU) de manera oportunista y permitir el envío de información a través de técnicas de *DSA (Direct Spectrum Access)* [9].

El Informe de *Electronic Communications Committee (ECC)* fue desarrollado para dar a conocer los requisitos técnicos y operativos de los dispositivos de espacios en blanco en la banda de frecuencia 470-790 MHz para garantizar la protección de la radio establecida servicios [9]. El Informe *ECC 186* proporciona orientación más detallada sobre principios generales y requisitos básicos para WSD que operan bajo base de datos de geoubicación [9]

Seguidamente, la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (*CEPT*) desarrollo un informe como complemento con el objetivo de

adicionar más indagaciones técnicas en la regulación de los WDS en la banda 470-490 MHz [9].

1.1.6 Estándares internacionales TVWS

Los estándares creados para la tecnología TV White Spaces son importantes para conocer las arquitecturas, procesos, operación, adaptación, normas y técnicas para el acceso dinámico al espectro por medio de los TVWS [9].

European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

- TR 102 907: Casos de uso para operación en frecuencia de TVWS [9].
- TR 102 946: Requisitos del sistema para la operación de TVWS EN TV UHF[9].
- TS 102 145: arquitectura del sistema y procedimientos de alto nivel para el uso de TVWS.
- TS 103 143 Arquitectura del sistema para el cambio de información entre diferentes bases de datos de geolocalización (GLDB) y permite la operación de dispositivos de TVWS (WSD)[9].

El estándar IEEE 802.11af se publicó en febrero de 2014. Es una adaptación del IEEE 802.11ac permitiendo el uso en TVWS [9].

Las normas para el uso de la tecnología TV White Spaces, son estándares de IEEE 802.11af/blanco-Fi y también IEEE802.22/Wi-Far. El IEEE 802.22 estandarización de los dispositivos inalámbricos que operan en TV White Spaces. La forma de operar usando el acceso al espectro dinámico involucra la posibilidad de acceder a las partes no manipuladas del espectro por otros sistemas [1].

El IEEE 802.22 efectúa dos técnicas para la sensibilización espectral: la geolocalización y detección espectral. La geolocalización implica el conocimiento de las coordenadas georreferenciadas del dispositivo sin licencia [1].

El IEEE 802.22 se centra en facilitar acceso inalámbrico de banda ancha en las zonas rurales para un trayecto máximo de 30 km desde la estación base con la extensión del

servicio a una distancia de hasta 100 km. Si bien actualmente el estándar se centra en la banda de 54 a 862 MHz [1].

IEEE 802-15TG4M Desarrolla especificaciones para WRAN de menor rapidez y mayor eficacia en bandas inalámbricas [8].

1.1.7 Implementaciones Internacionales

Los TVWS tiene gran auge y acogida por varios países para brindar conectividad en zonas de difícil acceso, a poblaciones de bajos recursos y en pro de la mejora en la calidad de vida de la población. A continuación, se enuncian algunas.

Proyecto de conexión de internet por medio del espacio en blanco de Mawingu: Microsoft y el proveedor de servicios de Internet de Kenia Indigo Telecom Ltd y además el proveedor de tecnología inalámbrica Adaptrum están entregando acceso de banda ancha inalámbrica usando frecuencias TVWS a las escuelas y centros de salud cerca de Nanyuki, Kenia [8].

Republica Central Africana: Implementación de configuraciones de enlaces banda ancha entre las conexiones de Internet del hogar de un agricultor y la granja IoT (Internet de las cosas) con sensores para agricultura inteligente en zonas rurales que necesitan un seguimiento especializado para ser productivos [10].

Tanzania: Alianza proveedor local de Internet *UhuruOne*, *Microsoft* y la comisión, este ensayo en el año 2013 de TVWS, el cual proporciona acceso inalámbrico a Internet a estudiantes y miembros de la facultad de la Universidad de Dar es Salaam [8].

Limpopo: Estudio el cual realizan para documentar conectividad de cinco escuelas, evaluando rendimiento, latencia y encontrando como factor diferenciador que a pesar de las largas distancias se logra conexiones viables utilizando gestiones dinámicas del espectro y las bases de datos geolocalizadas [11].

Liberia: Adopción de TVWS como alternativa de conexión más económica y diferente a la satelital favoreciendo a comunidades de escasos recursos [12].

Sudáfrica: Google/socio estratégico - Autoridad de Comunicaciones Independientes de Sudáfrica/proveedor de servicio de internet - Carlson Wireless/proveedor de equipos para brindar acceso inalámbrico a 10 escuelas a través de tres estaciones base en el campus de la Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Stellenbosch en Tygerberg, Ciudad del Cabo [8].

En **Botswana** se proporciona conectividad TVWS a internet punto a punto a seis establecimientos de salud rurales con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas en el sector rural ofreciendo telemedicina con especialistas médicos [13].

Omán: Puesta en marcha de una topología híbrida de fibra óptica a equipos de los proveedores de internet por medio de enlaces UHF, que a su vez los conectan a los puntos de acceso por medio de un convertidor UHF-WIFI con el fin de dar conectividad a internet a terrenos de difícil geografía [14].

Singapur: Tres proyectos diseñados para demostración de la tecnología TVWS, involucran a la Universidad Nacional de Singapur (medición de control climático), el Country Club de la isla de Singapur (tecnología de sensores inteligentes) y el distrito portuario de envío Changi de Singapur (conectividad a Internet para tripulaciones de barcos) [8].

Indonesia: Transmisión dinámica y exposición de los beneficios potenciales de implementar TVWS como eje central al aumento de la penetración de internet en las áreas rurales [15].

Tailandia: TVWS con gran potencial para proporcionar banda ancha asequible en áreas rurales debido a sus excelentes características de propagación y abundancia de espectro en regiones rurales en desarrollo, el cual es un desafío a la hora de solicitar ante los entes gubernamentales las reglas de las licencias de funcionamiento [16].

Vietnam: Utilización de TVWS para proporcionar servicios móviles de banda ancha para las zonas rurales y montañosas de manera efectiva, siguiendo pautas claras de la regulación en Vietnam como medidas para garantizar la coexistencia del servicio de TV y de TVWS [17].

India: Consideraciones sobre TVWS y análisis en cada uno de los rangos de bandas de frecuencia con la finalidad de orientar y basados en los resultados tomar determinaciones en si adoptar la tecnología y expresar el avance regulatorio que debe tener el país para proyectos pilotos [18].

En la India se propone adoptar la tecnología TVWS con un enfoque propuesto que evita la infracción límite de interferencia en la recepción de TV para zonas rurales [19].

China: La radio cognitiva como alternativa de alto valor para sistemas de comunicación inalámbricos donde se aprovecha los TVWS como alternativa a la escasez de espectro [20]. Se tienen los primeros estudios en el uso compartido de TVWS junto con la tecnología LTE y los sistemas de transmisión de TV en el rango de bandas de 470 a 806 MHz [20].

Ofcom / Reino Unido: Tecnología innovadora de espacios en blanco en el Reino Unido, entre los primeros de su tipo en Europa. Utilizando espacios en blanco entre ondas reservadas para la transmisión de TV digital terrestre (470 MHz a 790 MHz) [8].

Un claro ejemplo de uso de los TVWS en Reino Unido, se relaciona en un estudio de viabilidad del uso de la tecnología para aplicaciones de comunicaciones ferroviarias, con el objetivo de considerar tecnologías emergentes como solución al uso ineficiente del espectro y las bajas características de propagación de las tecnologías actualmente usadas [21].

Estados Unidos: Uso de TVWS en sistemas de videovigilancia y transmisión de datos inmediata de datos clínicos a distancia a ambulancias del condado de Hocking [12].

Jamaica: Acceso a banda ancha utilizando TVWS, el cual es un proyecto propuesto por la Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo Internacional (USAID), NetHope y apoyo en soporte técnico de Microsoft, con la finalidad de apoyar proyectos educativos, bibliotecas y áreas comunitarias rurales [22].

Montevideo, Uruguay: Microsoft ha obtenido una licencia experimental del regulador de telecomunicaciones de Uruguay para establecer una red TVWS [8].

Perú: Uso de globos estratosféricos no tripulados para brindar servicio en áreas rurales desatendidas en la región andina y amazónica del Perú siguiendo la normativa regulatoria de la aviación [23].

Argentina: Transición de TV analógica a digital lo cual crea una oportunidad para cerrar la brecha de no conectividad en las áreas rurales. Se encuentran en una etapa de exploración de canales disponibles por parte de ENACOM y Microsoft [22].

Ecuador: censo espectral por parte de la agencia de control de regulación (ARCOTEL) evaluando el uso de los TVWS para servicios de datos y video, servicios de seguridad, internet de las cosas, medidores de datos y aplicaciones de ciudades inteligentes [22].

1.1.8 Implementaciones Nacionales

La Agencia Nacional de espectro (ANE) a través de tres proyectos piloto en Colombia implementó en el año 2016 la tecnología TV White Spaces en las siguientes zonas rurales [24]:

Piloto Aguadas – Caldas: Institución Educativa Rioarriba (Vereda Rioarriba), Cantidad de estudiantes: 137, Distancia de enlace: 8.5km

Piloto Pamplonita Norte de Santander: Institución Educativa Sede El Páramo (Pamplonita), Cantidad de estudiantes: 64, Distancia de enlace: 4km.

Piloto Dibulla – La Guajira: Institución Educativa Punta de los Remedios, Cantidad de estudiantes: 56, Distancia de enlace: 5.5km [24].

Por otra parte, la fundación Makaia, en octubre del año 2017 implementó y estableció conectividad de 5 fincas caficultoras y 2 instituciones educativas las Brumas en Mesetas-Meta, lugar donde se desarrolló el proyecto "Transformación Tecnológica: Mejorando las vidas de los caficultores en Colombia", demostró la necesidad de una etapa en el proyecto que comprendiera la instalación y adecuación de tecnología para dar acceso de internet a fincas e instituciones educativas de la zona [25].

1.2 Vigilancia Tecnológica -VT

1.2.1 Definición

La Vigilancia Tecnológica – VT se define como un método de provisión sistemática y análisis de datos a partir de los cuales se pueden hacer previsiones. La vigilancia constituye un enfoque activo que aporta la situación y posible tendencia en cada momento que se genere una innovación [26].

La principal ventaja de la VT es que permite identificar nuevas necesidades del mercado, mejoramiento de tecnologías ya existentes. La VT brinda información para la aplicación y creación de nuevas tecnologías, y evaluar el impacto en diferentes entornos y en el caso de las comunicaciones en el sector rural [27].

1.2.2 Fases de Vigilancia Tecnológica

Para la VT se requiere el desarrollo de cinco fases, estas son: planificación, búsqueda y captación, análisis y organización e inteligencia y comunicación. En la fase de planificación se identifican necesidades y se determinan los factores críticos a vigilar, en la fase de

búsqueda y captación se desarrolla la observación, el descubrimiento, la búsqueda, la detección, la recolección y captación, en la fase análisis y organización se analizan, tratan y almacenan la información relacionada con TVWS, en la fase de inteligencia se da valor añadido a la información y por último en la fase de comunicación se realiza con los directivos de la organización difundiendo información y transfiriendo conocimiento [3][4][5].

En la fase de análisis se realiza un estudio de análisis de artículos, análisis de patentes, análisis cuantitativo, análisis DAFO-CAME, perfil de competidores y matriz de competitividad.

Realizando el estudio de análisis de artículos y patentes, se continúa con el análisis de cuantitativa que permite por medio de herramientas de software organizar y hacer análisis de publicaciones, grupos, instituciones, países, patentes y autores en una medida de producción científica permitiendo indicadores de inmediatez [3][4][5].

El análisis DAFO-CAME es una herramienta que permite ser aplicada a un sector, a un competidor, o al objeto de la investigación, identificando factores importantes: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas; con la finalidad de superar debilidades y reducir las amenazas [3][4][5][26].

El perfil de competidores y la matriz de competitividad es una herramienta analítica que identifica a los competidores más importantes de una empresa e informa sobre sus fortalezas y debilidades, sus resultados dependen de la selección de factores y asignación de ponderación, es una ventaja que tiene una empresa sobre otras en los puntos evaluados [4][26].

1.2.3 Estudios de Vigilancia Tecnológica en Latinoamérica y el mundo

En España se constituyen estudios sectoriales de vigilancia tecnológica como herramienta que permite dinamismo en los sectores determinados del estudio y en este caso puntual

el geográfico. Se presenta este estudio en España con información proveniente de varias fuentes con el objetivo de dar valor y diversidad, dando seguimiento y evaluando el impacto de este tipo de estudios de vigilancia [28].

En campo tecnológico se encuentra también en España ejercicios de vigilancia en tecnologías inalámbricas, donde exponen tipos, sectores involucrados, proyectos nacionales, internacionales, legislación y el respectivo análisis cuantitativo de las publicaciones de cada una de las tecnologías inalámbricas y como resultado exponiendo tendencias de la tecnología por sectores [29]

En Latinoamérica el auge de las tecnologías crece, en consecuencia, se realizan VT a tecnologías que marcan la historia y una de estas es la nanotecnología y la nanociencia. Este estudio fue realizado en Chile donde las sorpresas fueron muchas, tales como observar el mínimo de personas que realizaban y trabajaban sobre el tema y una de las soluciones propuestas, era el apoyo que debía ejercer el estado a las crecientes tecnologías [30].

La vigilancia tecnológica en España es usada en diversos sectores y se encuentra procesos de gestión de proyectos de I+D+i, los recursos y herramientas para el tratamiento de información como valor añadido a la toma de decisiones [27].

1.2.4 Estudios de Vigilancia Tecnológica en Colombia

Uno de los primeros estudios de vigilancia tecnológica identificado, está el estudio realizado en el año 2013, en el tema central de ciudades inteligentes desarrollado en la ciudad de Medellín y otro desarrollado en el departamento del Quindío en el año 2017, con el propósito de identificar las tendencias de la vigilancia, permitiendo visualizar el contexto de la aplicación de las TIC (Tecnologías de la información y las comunicaciones), y marcar cada una de las tendencias salientes en los diversos sectores (salud, educación, ambiental y otros) [31].

Otros de los estudios de vigilancia realizados en Colombia abarcan todos los campos en los cuales no solamente es en tecnología, si no cualquier empresa que su eje principal sea la innovación, por ejemplo para mejoramiento de procesos de empresas de confección,

aplicación de modelos de VT en E-learning, utilización de herramientas de VT para estudios en enfermedades cardiovasculares [32].

Un factor importante de la utilización de la VT es conocer a fondo el problema a abordar. Un claro ejemplo en Colombia son los servicios de salud. Como parte de la solución de un estudio realizado en el año 2017 al servicio de emergencias prehospitalarias, donde el foco principal es la optimización de las herramientas que permiten un mejor desarrollo de estos procesos para las entidades de salud. Evitar inconformidades en el servicio tales como atención inoportuna, tratamientos incorrectos causando sobrecostos en el sistema de salud, tutelas y demandas. Demuestra el informe como recomendación la importancia de estar en constante actualización tecnológica y el mejoramiento en la arquitectura de software orientada a servicios proponiendo un prototipo más ágil y oportuno [33].

Para el sector Agrícola de Colombia se realizó estudios de vigilancia tecnológica aplicados a la cadena productiva de la industria láctea, de Tilapia, Cacao y Chocolate. Adicionalmente un informe del mejoramiento genético forestal, todos orientados al mejoramiento de sus cadenas productivas [34].

Existen diferentes estudios de VT en diferentes sectores, entre ellos la nanotecnología y la nanociencia [30], en el sector agricultor encontramos un estudio para mejorar la vida útil de la uchuva fresca para exportación [32]. Para el sector productivo encontramos un estudio de análisis de la innovación en la producción de cuero y marroquinería, y también de producción de ropa femenina [32].

En el tema tecnológico se encuentra un estudio VT aplicado a las ciudades inteligentes en cada uno de sus componentes, identificando el potencial que tiene la aplicación de las TIC en este sector, para facilitar el acceso y mejorar la calidad de vida [35].

2. Usos y conectividad sobre TVWS en zonas rurales a través de estrategias de búsqueda

Como se enunció en el capítulo anterior el desarrollo de la VT contempla cinco fases: planificación, búsqueda y captación, análisis y organización e inteligencia y comunicación

2.1 Planificación

En Colombia el buen uso del espectro para la tecnología TV White Spaces es un tema prácticamente nuevo, pero en varias zonas del país se pueden encontrar pruebas piloto de esta tecnología. Se efectúa proyectos muy similares en varios departamentos como en la Guajira, Antioquia, Norte de Santander y Caldas. Los cuales se pueden tomar como base para realizar el estudio VT en Colombia con TV White Spaces, analizando el comportamiento de esta tecnología, mejorando la conectividad y eficiencia en las zonas rurales.

Los factores a alcanzar utilizando VT en la tecnología TV White Spaces son:

- Anticipar los cambios del entorno a partir de una detección temprana de tendencias e información estratégica.
- Minimizar los riesgos tecnológicos asociados a la innovación a partir de una detección eficaz de amenazas y cambios del entorno.
- Comparar atributos de la tecnología TV White Spaces con aquello que existe y acontece en el entorno.

- Innovar detectando oportunidades de mejora y fuentes de ideas para mejorar la tecnología TV White Spaces para el sector rural en Colombia.

2.1.1 Identificación de necesidades

Entre las necesidades más notables en Colombia se encuentra la desigualdad tecnológica, en la zona rural son muy pocos los que pueden acceder a estudio, trabajo o labores de investigación del campo. El gobierno propone en el **Plan Nacional de Conectividad Rural (2019)** como objetivo principal contribuir al mejoramiento de la calidad de vida dando dos pilares principales para lograrlo.

- Promover el acceso de la información en la totalidad de cabeceras municipales, mediante redes de alta velocidad.
- Estimular el uso del internet en accesos públicos comunitarios para aquellos que no tengan ni la herramienta tecnológica, ni la conexión [2].

El DANE [36] realizó una encuesta de diagnóstico donde definían porcentajes explicando las causas del no acceso al internet, enunciadas a continuación:

- Elevado costo 49%
- No considerarlo necesario 37%
- No contar con un dispositivo para conectarse 7%
- No saber usar el internet 5%
- No tener cobertura 5%

Identificado los problemas en Colombia en las revisiones de la literatura para el acceso real a la información, se definieron los factores críticos de vigilancia, **proponiendo el estudio de la tecnología TVWS, conocer su estado actual, examinar usos, tipos de conexión, infraestructura y cobertura para la conectividad del sector rural en Colombia.**

De acuerdo a lo anterior se presenta la Ficha de definición de necesidades:

Tabla 2-1: Definición de necesidades TVWS

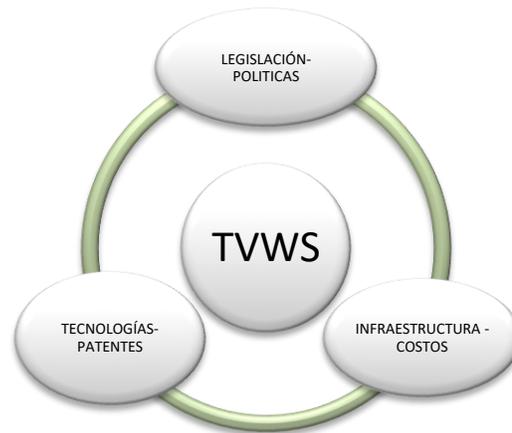
Ficha de necesidades		
¿Por qué?	Objetivo	Proyectar a la tecnología TVWS como un factor diferenciador en la implementación de la conectividad rural en Colombia.
¿Para qué?		
¿En qué?	Tema	Conectividad por medio de la tecnología TVWS especialmente para las zonas rurales. Innovaciones en estos temas en los últimos 5 años.
¿Qué se desea profundizar?	Subtemas Factores críticos de vigilancia (FCV)	Usos de la tecnología Infraestructura de la tecnología Métricas para el uso de la tecnología

Fuente: Elaboración propia basado en [31].

2.1.2 Factores críticos de vigilancia

Una vez definida la necesidad principal de este estudio, Norma UNE 166.002 [37], la primera fase del estudio es la identificación de los factores críticos de vigilancia (FCV) en los cuales giraran en torno a la vigilancia de los TVWS:

Figura 2-1: Factores críticos de la tecnología TVWS.



Fuente: Elaboración propia.

Identificando cada uno de estos FCV, se parte de ellos como base para lograr una búsqueda concisa y veraz, la cual se identifica si esta tecnología puede suplir las necesidades de conectividad en las zonas rurales en Colombia, tecnificación de los procesos agropecuarios, inclusión a la alfabetización digital y mejoramiento de la calidad de vida del campesino.

Cada factor crítico está compuesto con información recolectada y será expuesto a continuación:

- Infraestructura/Costos: Elementos físicos usados para lograr una conectividad en el sector rural y costos de operación.
- Tecnologías/Patentes: Implementaciones de tecnologías inalámbricas y organismos de estándares y empresas que desarrollan innovaciones tecnológicas que involucran los TVWS.
- Legislación/Políticas: Normas de implementación, organismos de control y sectores involucrados en TVWS.

2.2 Búsqueda y captación

En este capítulo se obtiene diferentes ecuaciones de búsqueda que fueron ejecutadas en diferentes motores de búsqueda (Google, GoogleScholar, Carroy2, Yippy, etc.) y bibliotecas online como Scopus, IEEE y adicionalmente se listan patentes de la tecnología

TVWS. Los pasos para elaborar esta búsqueda se efectúa de acuerdo con la metodología Sánchez-Torres [3][4][5], cumpliendo con los pasos de un nivel medio y efectuando una búsqueda estructurada. Se exponen los resultados los cuales deben dar respuestas a las preguntas que se han propuesto responder en este estudio de vigilancia tecnológica.

2.2.1 Ecuación de búsqueda

Buscar todos los documentos que contengan en sus escritos las palabras tvws, legislation, uses, infrastructure, sectors, technologies, patents, costs metrics, opportunities, challenges, trends, outlook, vt, foresight, tv, white, spaces, spectrum, innovation, method Access, education, health, economy, social, risk, threats, standards, regulation y rural, limitado a las áreas de la computación e ingeniería. Publicaciones entre 2014 -2019. En la Tabla 2-2 que recoge todos los términos y restricciones.

Tabla 2-2: Ecuación de búsqueda principal

Lugar de búsqueda	Ecuación de búsqueda
Scopus	KEY ((tvws OR (tv AND white AND (spaces OR spectrum))) AND (legislation OR uses OR infrastructure OR sectors OR technologies OR patents OR costs OR metrics OR Opportunities OR Challenges OR Trends OR Outlook OR VT OR Foresight OR “technological surveillance”) OR innovation OR access OR methods OR education OR health OR economy OR social OR risk OR threats OR standards OR regulation) AND (rural)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA”,COMP”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA”,ENGI”)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR,2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2014))

2.2.2 Bitácora de búsqueda

Organización de bitácora con las bases de datos bibliográfica y de patentes en línea **Scopus, Web Science, Emerald Publishing, IEEE Xplore, ScienceDirect, Google, Carrot2, Yippy.**

Tabla 2-3: Bitácora de búsqueda

Sitio de búsqueda	Tema	Ecuación	Resultados
	TVWS RURAL	KEY (((tvws OR (tv AND white AND (spaces OR spectrum))) AND (legislation OR uses OR infrastructure OR sectors OR technologies OR costs OR patents OR metrics OR Opportunities OR Challenges OR Trends OR Outlook OR VT OR Foresight OR “technological surveillance”) OR innovation OR access OR methods OR education OR health OR economy OR social OR risk OR threats OR standards OR regulation) AND (rural)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA”,COMP”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA”,ENGI”)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR,2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2014))	28
Scopus	VIGILANCIA TECNOLÓGI CA	TITLE- ABKEY (competitive AND intelligence AND vi gilancia AND tecnológica)	9
Web of science	TVWS RURAL	TEMA: (*rural*) AND TEMA: (*TVWS*) Período de tiempo: Todos los años. Índices: SCI- EXPANDED, SSCI, A&HCI, ESCI.	13
Emerald Publishing	TVWS RURAL	*rural* AND (*tvws*) AND (tv white spaces)	1

Continuación **Tabla 2-4:** Bitácora de búsqueda

Sitio de búsqueda	Tema	Ecuación	Resultados
Emerald Publishing	TVWS RURAL	*rural* AND (*tvws*) AND (tv white spaces)	1
IEEE Xplore	TVWS RURAL	((("All Metadata":*tvws*) AND "Document Title":*rural*) AND "All Metadata":tv white space) 2012-2020	16
ScienceDirect	TVWS RURAL	tvws and rural and tv white spaces and spectrum and infrastructure and costs and metrics	14
Google	RURAL COLOMBIA TVWS	*vigilancia tecnológica* and *colombia* and *tvws*	10
Yippy	TVWS RURAL COLOMBIA	vigilancia tecnológica or colombia and tvws and rural and tv white spaces con filtro top espacios en blanco	2
Carrot2	VT COLOMBIA TVWS	*tvws* and *vigilancia tecnologica* and *tv white spaces* and *rural*	25

Tabla 2-5: Bases de datos de patentes

Patentes			
https://www.epo.org/	TVWS	nftxt = "tvws" AND nftxt = "tv white space" AND nftxt = "rural"	20
https://patentscope.wipo.int/	TVWS	Tvws and tv White spaces	4
https://www.uspto.gov/	TVWS	tvws-tv white spaces-rural	4

2.3 Análisis y organización

Una vez realizada la bitácora de búsqueda se procede a descargar documentación y organizar un Corpus de información (Anexo A). El proceso de análisis de este estudio se realizó en varias fases, las cuales fueron desarrolladas de la siguiente manera:

- Análisis de artículos y patentes (lectura detallada de patentes, extracción de información), teniendo en cuenta el análisis cuantitativo en el software VOSviewer donde se analiza concurrencia de términos (autores, países, temas en común).
- Análisis cuantitativo, análisis DAFO-CAME, perfil de competidores y matriz de competitividad.
- Asociar artículos con cada uno de los FCV definidos en la fase de planeación (página 36).

2.3.1 Análisis de artículos

El análisis de los artículos se desarrolla basado en la toma a detalle de la bibliografía por medio de SCOPUS y otras bibliotecas, realizando lectura a detalle de la literatura y buscando soportes el estudio basado en experiencia.

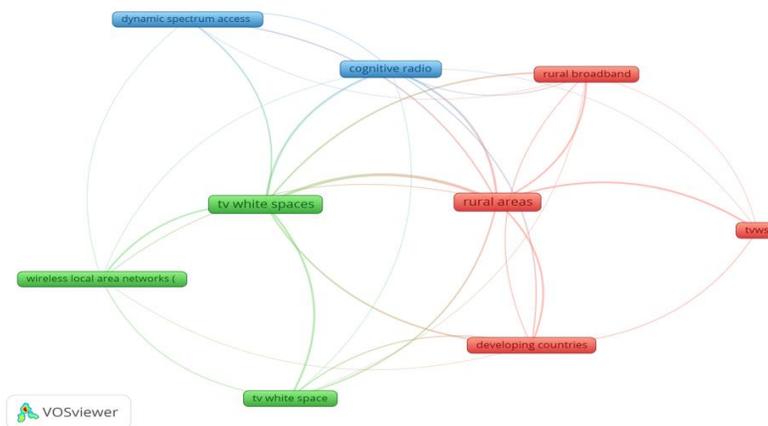
Se dará a conocer ilustraciones basadas en datos bibliográficos (concurrencia de palabras y actualidad de términos) analizados en el software VOSviewer.

Se encuentran los términos relacionados con TVWS en la figura 2-2, los cuales enfocan el análisis en:

- Dynamic spectrum Access
- Cognitive radio
- Rural Broadband
- Rural área

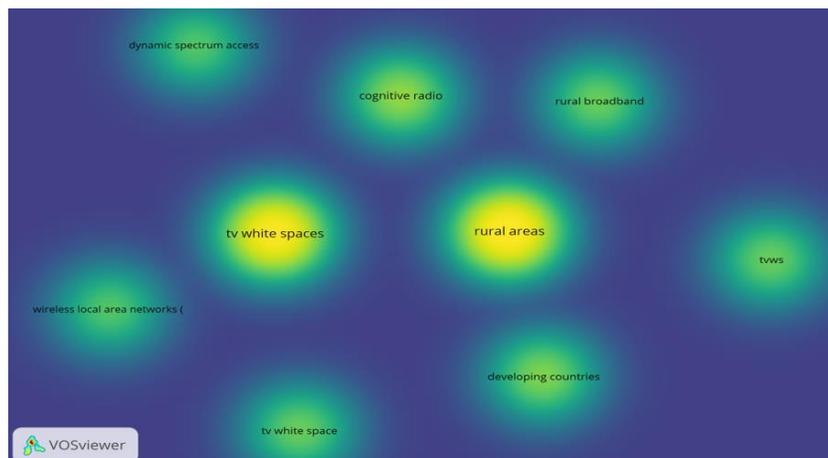
- Developing countries
- Wireless local area networks

Figura 2-2: Términos más importantes en bibliografía.



Fuente: Elaboración propia en software VOSviewer.

Figura 2-3: Densidad en términos en la bibliografía.

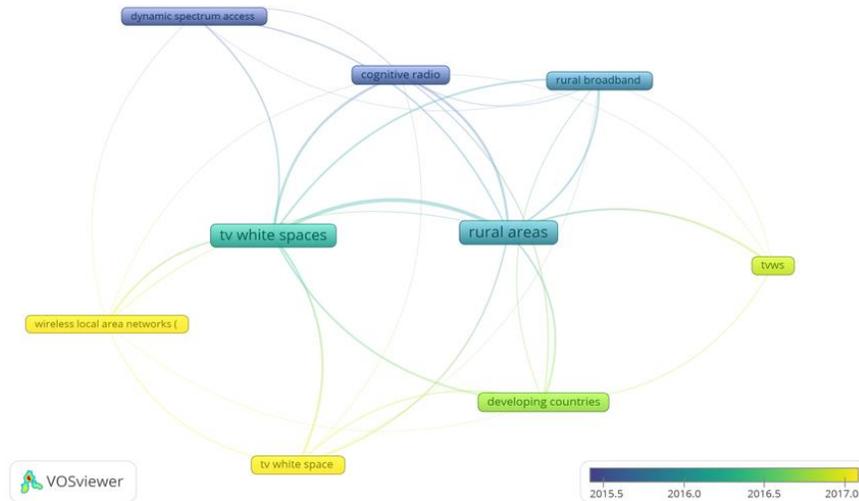


Fuente: Elaboración propia en software VOSviewer.

A nivel mundial las investigaciones giran en torno a los *TV White Spaces* y van dirigidas a implementar nuevos protocolos inalámbricos para conectarse a regiones en desarrollo

(áreas rurales), evaluando los diversos escenarios donde los *TV White Spaces* funcionan mejor o peor que otras tecnologías como el Wi-Fi.

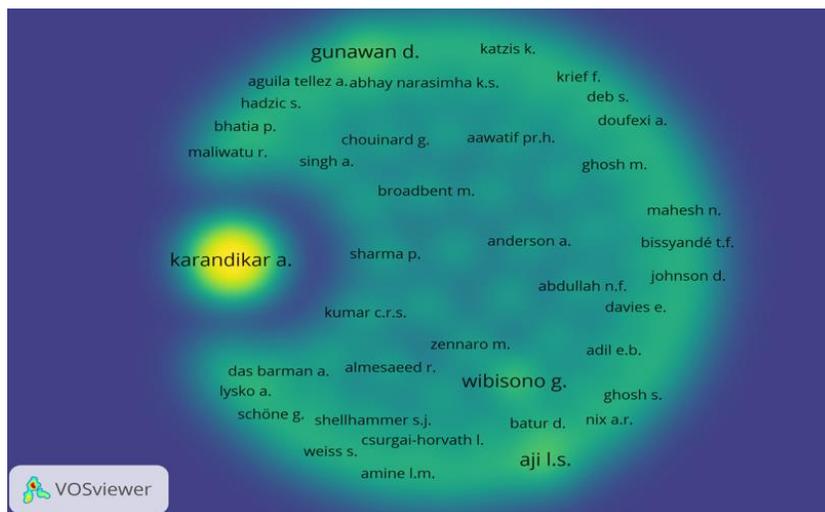
Figura 2-4: Actualidad de términos bibliografía



Fuente: Elaboración propia en software VOSviewer.

En la actualidad la búsqueda de alternativas que suplan las necesidades de conectividad en países en vía de desarrollo, una fuerza para hacer investigación en las cuales se manejan términos vistos en la Figura 2-4, haciendo comparación de las tecnologías, escenarios y costo beneficio según la población (rural, centros poblados y terreno rural poco accesible).

Figura 2-5: Autores con publicaciones relacionadas con TVWS



Fuente: Elaboración propia en software VOSviewer.

Uno de los grandes investigadores de los TVWS es **Adhay Karandikar**, ingeniero de la India, el cual por su gran trabajo junto con entidades gubernamentales desarrolla estándares y normas técnicas en su país. Su pilar fundamental en sus investigaciones es la conectividad inalámbrica enfocada en la banda ancha rural donde fue pionero en la India con el uso de TVWS para interconectar siete aldeas y una prueba piloto de veinticinco aldeas en un área que cubre una extensión de más de cien kilómetros [38].

Karandikar cuenta con numerosas patentes que le han sido otorgadas y otras que tiene pendientes, se enumera las más importantes a continuación:

1. Métodos y sistemas para proporcionar redes de comunicación independientes basadas en LTE [39].
2. Métodos y sistemas para la gestión de relés en redes de comunicación basadas en LTE [39].
3. Método para desarrollar un árbol basado en anillos jerárquicos para el tráfico de unidifusión y multidifusión [39].
4. Técnica para mejorar el rendimiento del protocolo de control de transmisión en redes con pérdidas [39].

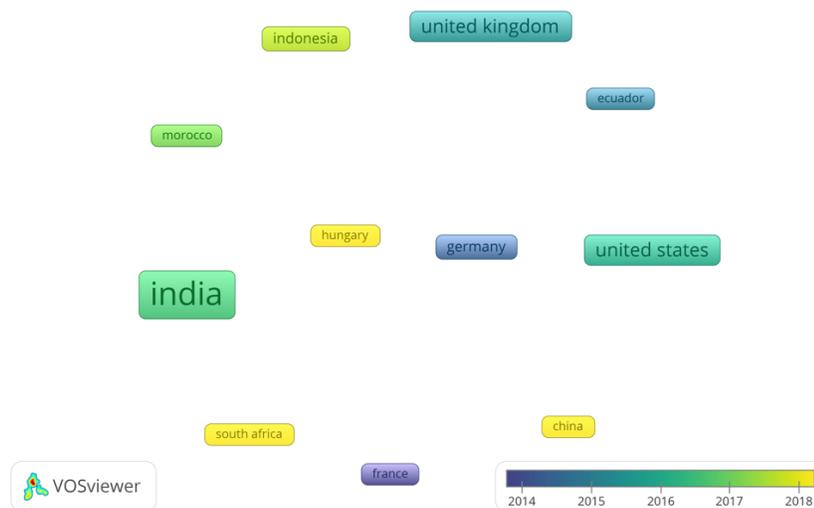
Dadag Gunawan, otro de los grandes autores de grandes investigaciones, docente investigador de la universidad de Indonesia donde su eje central es el procesamiento de señales inalámbricas y digitales. Su principal aporte es la investigación de los TV White Spaces como solución en el área rural en Indonesia [40].

Lessy Aji, ingeniero también de Indonesia, hace un valioso aporte en investigación, donde se evalúa el uso de los TVWS, que al utilizar canales de baja frecuencia pueden generar interferencias en usuarios de TVD (DVB-T2). Realizan una simulación para demostrar que disminuyendo la potencia de transmisión se evita de gran manera la interferencia y se podría implementar TVWS como alternativa de conectividad [41].

Gunawan Wibisono, investigador de Indonesia, elabora estudios para la creación de un método para determinar canales disponibles en blanco para TVWS y lograr la comunicación sin interferencia al usuario principal [41].

De la simulación realizada por el grupo de investigadores para superar los problemas de interferencia, el mejor modelo, es el de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), donde los parámetros de intensidad en el campo varían según condiciones ambientales del sitio [41].

Figura 2-6: Países de publicaciones en TVWS.



Fuente: Elaboración propia en software VOSviewer.

En base a los resultados de la Figura 2-6, es claro que la mayoría de las investigaciones e innovaciones en TVWS, son en países en vía de desarrollo que necesitan suplir las necesidades y acortar la brecha tecnológica en las zonas rurales de difícil acceso. Es casi una necesidad primaria el acceso a las telecomunicaciones para los diversos sectores rurales, buscando igualdad para las personas del campo.

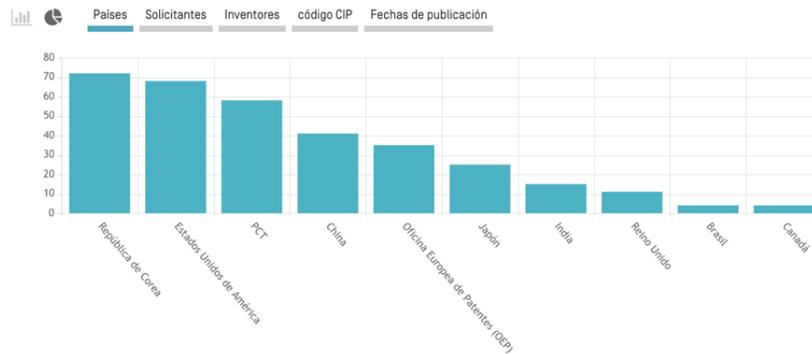
2.3.2 Análisis de patentes

Se realizó el análisis de la información de patentes de 3 repositorios (<https://www.epo.org/>, <https://patentscope.wipo.int/>, <https://www.uspto.gov/>) en los datos que apoyan la investigación.

Inicialmente se tomó un panorama general de las patentes en tecnología TVWS, donde se realizó un análisis en *Patentscope*, involucrando los países con más solicitudes de patentes (Figura 2-7: Países con patentes TVWS), empresas

solicitantes (Figura 2-8: Empresas solicitantes de patentes TVWS), inventores (Figura 2-9: Inventores TVWS) y fechas de publicación (Figura 2-10: Fecha de publicaciones patentes TVWS).

Figura 2-7: Países con patentes TVWS



Fuente: Elaboración en Patentscope

Se realiza el análisis con la herramienta **Patentscope** sobre los países que solicitan patentes con TVWS, obteniendo como resultado a los países asiáticos como los grandes involucrados en el desarrollo de la tecnología a nivel mundial, siguiendo con los Estados Unidos conjuntamente con los entes reguladores de patentes en Europa.

Figura 2-8: Empresas solicitantes de patentes TVWS



Fuente: Elaboración en Patentscope

Las empresas solicitantes de patentes en TVWS, son los grandes de la tecnología (desarrollo de periféricos, marcas de móviles, redes sociales), donde su labor siempre es el constante avance para conectar a todos sus miembros o clientes que consumen sus productos tecnológicos. Entre las empresas están QUALCOMM, NEC, FACEBOOK, HUAWEI, NOKIA, NORTON, SAMSUNG.

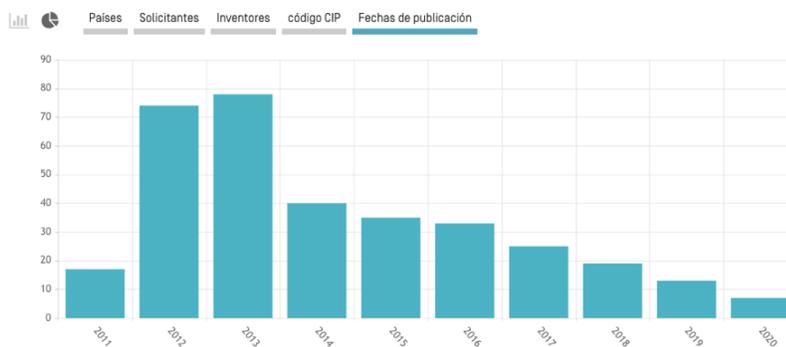
Figura 2-9: Inventores TVWS



Fuente: Elaboración en Patentscope

La gran mayoría de inventores de estas patentes son de origen asiático y puntúan como los grandes aportantes en las invenciones con los TVWS para la conectividad.

Figura 2-10: Fecha de publicaciones patentes TVWS



Fuente: Elaboración en Patentscope

Gran cantidad de las publicaciones de patentes se lograron en los años 2012 - 2014, punto más alto de desarrollo de los TVWS y a partir de 2015 las publicaciones de patentes han disminuido considerablemente.

2.3.3 Análisis cuantitativo

En el análisis cuantitativo se relaciona cada uno de los factores críticos de vigilancia para exponer las características más relevantes de cada artículo/patente, con la finalidad de dar soporte al estudio de los TVWS.

Tabla 2-5: Relación factor infraestructura y costos

FACTOR -INFRAESTRUCTURA/COSTOS (TVWS)								
Autores	Pinilolo, Jonathan Rimer, Suwendi Paul, Babu Daka, Chisomo Miska, Chomora Mlatho, Stanley	Kassem, Mohamed M Marina, Mahesh K. Holland, Oliver	Khali, Mohsin Qadir, Junaid Onireti, Oluwakayode Imran, Muhammad Ali Younis, Shahtzad	Lertsinsubtavee, Adisom Weshsuwannarugs, Nunthaphat Tansaku, Nsarat Taparuggsanagorn, Attaphongse	Zennaro, Marco Pietroseoli, Ermanno Sathiasoelan, Arjuna	Yankelevich, Aleksandr Shapiro, Mitchell Dutton, William	Arevalo, Edward Flores, Douglas Bran, Carlos Manzanarez, Salvador	Khaturia, Meghna Banerjee Belur, Sarbani Karandikar, Abhay
Título	Design of a Low Cost Television White Space Z Antenna	On the Potential of TVWS Spectrum to Enable a Low Cost Middle Mile Network Infrastructure	Feasibility, Architecture and Cost Considerations of Using TVWS for Rural Internet Access in 5G	Wireless Edge Network for Sustainable Rural Community Networks	Architecting a Low Cost Television White Space Network For Developing Regions	Reaching beyond the wire: challenges facing wireless for the last mile	"Diseño y despliegue de infraestructura TVWS para la mejora de servicios de conectividad y aplicaciones con Internet de las Cosas"	TV White Space Technology for Affordable Internet Connectivity
Características								
Bajo costo materiales de diseño	x							
Conexiones inalámbricas	x	x	x	x	x	x	x	x
Zonas rurales	x	x	x	x	x	x	x	x
Servicio de telecomunicaciones	x	x	x	x	x	x	x	
Accesibilidad a la tecnología	x		x	x	x	x	x	x
Espectro radioeléctrico	x	x	x	x	x	x	x	x
Disponibilidad de espectro	x		x	x	x	x	x	x
Acceso a ubicación geográfica	x	x		x	x	x	x	x
Diseño y desarrollo de equipos de radiofrecuencia (RF)	x							
Seguridad de operaciones	x							
Utilización de materiales simples para ensamblaje	x	x					x	
Costos de infraestructura	x	x	x	x	x	x	x	x
Beneficio de conectividad a comunidad necesitada	x	x	x	x		x	x	x
Conectividad a países en desarrollo	x	x	x	x	x	x	x	x
Innovación en el uso del espectro	x	x		x	x	x	x	x
Acceso a media milla TVWS		x		x		x	x	x
Ultima milla TVWS CON LTE/5G		x		x		x		
Calidad de los canales de TVWS		x						
Espectro fragmentado		x						
Eficiencia energética	x				x	x	x	x
Bases de datos de geolocalización	x	x	x	x			x	x
Conectividad en interiores y exteriores con 5G			x					
Progresión de rendimiento			x					
Viabilidad económica			x	x			x	x
Topología escalable TVWS			x	x		x	x	x
Despliegue de infraestructura mínima			x				x	x
Uso de banda sin licencia	x	x	x	x	x		x	x
Estaciones base LTE utilizando TVWS			x	x				
Backhaul inalámbrico de arquitectura 5G - TVWS			x					
Arquitectura C-RAN			x					

Continuación **Tabla 2-5: Relación factor infraestructura y costos**

FACTOR -INFRAESTRUCTURA/COSTOS (TVWS)								
Autores	Pinifolo, Jonathan Rimer, Suwend Paul, Babu Daka, Chisomo Mikeka, Chomora Mlatho, Stanley	Kassem, Mohamed M Marina, Mahesh K. Holland, Oliver	Khalil, Mohsin Qadir, Junaid Onireti, Oluwakayode Imran, Muhammad Ali Younis, Shahzad	Lertsinsrutavee, Adisorn Weshuwananarugs, Nuntaphat Tansukul, Nisarar Taparugssanagorn, Attaphonsee	Zennaro, Marco Pietrosevoli, Ermanno Sathiasaelan, Arjuna	Yankolevich, Aleksandr Shapiro, Mitchell Dutton, William	Arevalo, Edward Flores, Douglas Bran, Carlos Manzanarez, Salvador	Khaturia, Meghna Banerjee Belur, Sarbani Karandikar, Abhay
Título	Design of a Low Cost Television White Space Z Antenna	On the Potential of TVWS Spectrum to Enable a Low Cost Middle Mile Network Infrastructure	Feasibility, Architecture and Cost Considerations of Using TVWS for Rural Internet Access in 5G	Wireless Edge Network for Sustainable Rural Community Networks	Architecting a Low Cost Television White Space Network For Developing Regions	Reaching beyond the wire: challenges facing wireless for the last mile	"Diseño y despliegue de infraestructura TVWS para la mejora de servicios de conectividad y aplicaciones con Internet de las Cosas"	TV White Space Technology for Affordable Internet Connectivity
Características								
Dispositivo TVWS con placa Linux integrada con una tarjeta miniPCI funcionando en frecuencias de TVWS					x			
Despliegue punto a punto						x		
Internet de las cosas							x	
Sistemas de alerta temprana							x	
Sistemas de emergencias							x	
Soporte de gran área de cobertura								x
Redes en malla inalámbricas				x				
Red de distribución de contenidos (CDN)				x				

La relación con los factores de infraestructura y costo van ligados a la asociación con las investigaciones actuales con TVWS. Se analiza la disponibilidad del espectro (bases de datos de geolocalización, acceso a ubicación geográfica, el uso de banda sin licencia y las conexiones inalámbricas), con la finalidad de poner a prueba (uso de TVWS combinada con arquitecturas 5G, LTE) innovando el desarrollo de equipos a bajo costo, topologías escalables, eficiencia energética. La finalidad es lograr una viabilidad económica la cual permita conectividad en países en desarrollo, especialmente en zonas rurales.

Tabla 2-6: Relación factor tecnología y patentes

FACTOR – TECNOLOGIAS/PATENTES (TVWS)												
Inventores	Harras, Khaled Youssef, Moustafa Ibrahim, Mohamed, Abdelrahman, Ahmed, Issa, Ahmed, Mohamed, Said	Keith Teichmann	Ma; Lianping Touag; Athmane Freda; Martino Gauvreau; Jean-Louis Ye; Chunxuan, Demir;Alpaskan, Chincholi;	Chandra Ranveer, Kapoor Ashish, Sinha Sudipta, Vasisht Deepak	Charbit Gilles, Wang Haiming	Teichmann Keith	Hou-Shin Chen, Wen Gao	Hou-Shin Chen, Wen Gao	Futaji Hisashi, Aminaka Hiroaki, Sugahara Hiroto, Kakura Yoshikazu, Muraoka Kazushi	Jung Yee, Vajira Samarasoorya, Lingjie Li	Hassan Amer A, Garnett, Paul W, Mitchell Paul William	Abraham Santosh Paul, Shellhamer Stephen
Título	Dynamic real-time TV White Space Awareness	Data transfer facilitation to and across a distributed mesh network using a hybrid TV White Space, Wi-Fi and advanced metering	Dynamic spectrum management	Generating real-time sensor maps from videos and in-ground sensor data	LTE Carrier aggregation on TV White Spaces bands	Mesh Network Data Transfer Using a Hybrid TV White Space, WI-FI and Advanced Metering Infrastructure	Method and apparatus for coexistence of different bandwidth systems in TV White	Method and apparatus for using 802.11 WLANs in TVWS	Terminal inalámbrico, estación inalámbrica, sistema de comunicación inalámbrico	TV White Spaces Devices Using Structured Databases	Wireless connectivity using White Spaces	Sistemas y procedimientos para la comunicación en un espacio en blanco
Tecnología /Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente	Patente
Organismo /Empresas	Wipo	Upsto/Carnegie	Upsto/Intel digital	Upsto/Microsoft	Upsto/Broadcom	Wipo/Delta Energy	Upsto/Thomson	Upsto	Epo/Nec Corporation	Wipo/WLAN Inc	Wipo/Microsoft	Epo/Qualcomm
Características												
White Spaces devices (WSDs) of geo-location databases	x		x					x	x	x	x	x
Portable devices TVWS	x									x	x	x
Mesh network using hybrid TV White Space, Wi-Fi		x				x						
Radio cognitiva/asignación dinámica de canales			x									
Generación de mapas aéreos con conectividad TVWS				x								
LTE and TVWS en redes					x							x
Redes Mesh y TVWS para el monitoreo de redes eléctricas						x						
Métodos y tecnología para la compatibilidad de diferentes anchos de banda con TVWS							x		x	x	x	x
WLANs in TVWS								x	x		x	x

Es importante destacar que una de las tecnologías más utilizadas con los TVWS son los dispositivos geolocalizados, el cual, su objetivo es analizar que espacios en blanco están disponibles en cierta ubicación y cual canal está disponible para generar una conexión estable. Se destacan los desarrollos de dispositivos fijos o móviles para acceder a la radio cognitiva, y asignar de manera dinámica los canales.

Se destaca la gran variedad de patentes que se registran (EPO, WIPO, UPSTO) con la combinación de tecnologías (LTE, WI-FI) y topologías (Mesh, WRAN, WLAN), perfilando los campos de funcionamiento, tales como la conectividad rural, monitoreo de redes eléctricas, etc.

Tabla 2-7: Relación factor políticas y legislación

FACTOR – POLITICAS/LEGISLACION (TVWS)												
Entes Reguladores	ITU (Internacional Telecommunication Union)	APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation)	IST Africa (Technology and Society)	ECC (Electronic Communication Committee)	TEC (telecommunication Engineering Centre) India	FCC (Federal Communications Commissions)	IFT (Instituto Federal de Telecomunicaciones) Mexico	Innovation, Science and Economic Development Canada	GSMA (organización de operadores móviles y compañías relacionadas)	Ofcom (Organismo regulador en reino unido)	ANE (Agencia Nacional del espectro)	Ministerio de Educación Nacional Colombia/Ministerio TIC
Estándares												
Desarrollo y diseño de dispositivos a bajo costo con TVWS			X									
Planeación del espectro	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Desarrollos regulatorios a nivel nacional	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Concesiones de licencias y mecanismos para otorgar licencias de espectro	X	X	X	X	X	X		X		X	X	
Derechos y obligaciones de los usuarios del espectro y responsabilidades del operador	X	X	X	X	X	X		X		X	X	
Garantizar la compatibilidad técnica entre los diferentes servicios adyacentes	X	X	X	X	X	X		X		X	X	
Ambientes rurales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Proyectos pilotos TVWS		X	X							X	X	

2.3.4 Análisis DAFO-CAME

Como complemento al análisis, se utiliza la herramienta DAFO-CAME para definir el estado actual de la tecnología basada en el entorno externo y características internas identificando debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas.

Tabla 2-8: Matriz DAFO

Análisis interno	Debilidades	Fortalezas
	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos TVWS comerciales a alto costo. • Seguridad en la operación TVWS. • Viabilidad económica de implementación TVWS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad a la tecnología en zonas rurales de difícil acceso. • Innovación en el uso del espectro. • Eficiencia energética. • Uso de banda sin licencia. • Acceso a bases de datos de canales disponibles por dispositivos TVWS de ubicación geográfica. • Proyectos piloto TVWS en funcionamiento a nivel nacional.
Análisis externo	Amenazas	Oportunidades
	<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidad técnica entre servicios de otras tecnologías con los TVWS. • No Licenciamiento para dispositivos móviles TVWS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de proyectos de innovación que apoyen el ensamble de dispositivos TVWS a bajo costo. • Acceder a gran disponibilidad de espectro cedido por la televisión análoga. • Conexión de última milla en TVWS. • Backhaul inalámbrico con arquitectura 5G y TVWS. • Arquitectura C-RAN y TVWS. • IoT en el campo con TVWS. • Redes Mesh TVWS. • Tecnología LTE combinada con TVWS. • Concesiones de licencias de espectro libre. • Desarrollo de normas regulatorias con arquitecturas combinadas en TVWS. • Métodos y tecnologías compatibles en diferentes anchos de banda. • Redes de distribución de contenidos. • Implementación de sistemas de alertas tempranas, sistemas de emergencias con TVWS. • Implementación de sistemas de monitoreo de redes eléctricas con TVWS.

Tabla 2-9: Matriz DOFA-CAME

Análisis interno	Debilidades/Corregir	Fortalezas/Mantener
	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario desarrollar proyectos que incentiven la construcción de dispositivos TVWS a bajo costo que permitan una viabilidad de implementación en zonas rurales. • Desarrollo de métodos combinados de tecnologías que permitan dar seguridad y fiabilidad en la conectividad por TVWS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos de conectividad rural que permita el uso de arquitecturas combinadas (LTE, 5G, C-RAN y TVWS), y uso de topología Mesh para acceso a última milla y que evidencie un consumo energético bajo soportado por energías alternativas.
Análisis externo	Amenazas/Afrontar	Oportunidades/Explotar
	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo conjunto con entidades reguladoras del espectro y los desarrolladores de dispositivos de red los cuales incluyan la compatibilidad con TVWS y permitan con el tiempo el licenciamiento de dispositivos móviles TVWS que traen mejores beneficios para las zonas rurales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectividad TVWS con tecnologías emergentes las cuales puedan permitir el desarrollo de las zonas rurales tales como: <ol style="list-style-type: none"> 1. IoT en el campo. 2. Redes Mesh para la creación de redes de contenidos educativos. 3. Sistemas de alertas tempranas y de emergencias. 4. Alternativas de conexión de última milla rural. 5. Redes celulares de mejor recepción con tecnologías combinadas.

El uso en el análisis de FODA-CAME permite cuatro estrategias (ofensiva, defensiva, reorientación y supervivencia) que pueden ayudar a la toma de decisiones y de las cuales nos permite corregir debilidades, afrontar amenazas, mantener fortalezas y explotar oportunidades relacionadas con los TVWS a la conectividad rural (Tabla 2-9).

2.3.5 Perfil de competidores y Matriz de competitividad

La vigilancia de los avances tecnológicos es un factor importante a tener en cuenta en las empresas para ser competitivas y que todos sus procesos se mantengan a la vanguardia, es por ello que se tiene en cuenta los perfiles de los competidores y como herramienta de medición, la matriz de competitividad para conocer las ventajas competitivas de una empresa [42][43].

De acuerdo a la orientación de las ventajas competitivas de las empresas, estas herramientas que van encaminadas a brindar información estratégica de las empresas en la toma de decisiones, no aplicaría la VT a una tecnología en específico, como es el caso TVWS [42][43].

3.Recomendaciones para el uso de TVWS en zonas rurales en Colombia de acuerdo a las fases establecidas

Todos los organismos reguladores, asociaciones y ministerios en América, Europa, África y Asia (Tabla 2-7: Relación factor políticas y legislación), buscan planear eficientemente el uso del espectro y en el caso de los TVWS el desarrollo de un marco regulatorio a nivel país, con la concesión de licencias del espectro no licenciado. Se debe acordar con los usuarios y proveedores de servicios su rol y sus responsabilidades en el uso de los TVWS.

Involucrar a los ISP en la adopción de la tecnología TVWS en los servicios ofertados a los clientes, es un impulso a la economía. No solamente los ISP de servicio a internet deben involucrarse en la innovación y la gestión del espectro, sino que también los ISP de servicios móviles que pueden adoptar topologías híbridas escalables con 5G o LTE, adoptando parámetros mínimos de eficiencia energética (Tabla 2-7).

La ANE como eje central debe apoyar a las universidades en el desarrollo, en la investigación, en el uso de dispositivos a bajo costo y lograr la conexión con TVWS. Para dar acceso a internet en la última milla se recomienda el uso de la topología MESH (Red malla), con el objetivo de llegar a poblaciones con viviendas de distancias dispersas (Tabla 2-6).

Atendiendo al llamado de la ANE, donde se plasma en una de sus estrategias la política pública del espectro 2020, la integración en la gestión del espectro y los mecanismos de flexibilización, se lista las condiciones para la adopción de un esquema de asignación:

- Banda E (71-76GHz, 81-86 GHz) – ANE 450 de 2017
- Reducción de las contraprestaciones para enlaces punto a punto – Resolución MinTic 1824 de 2018.

Basados en la actualización de la Resolución ANE 711 de 2016 y a través de la Resolución ANE 181 de 2019 se permite el uso libre de espectro a sistemas WAS/RLAN en paralelo a enlaces punto a punto en Banda V (57-64GHz), permitirá compartir el espectro con varias tecnologías, encaminando el acceso a los usuarios y recursos, fomentando el crecimiento de la banda ancha inalámbrica y las posibles integraciones con 5G (Tabla 2-7).

Las investigaciones en el uso eficiente del espectro y en el caso de la ANE de deshabilitar los canales análogos para evitar futuras interferencias con la tecnología TVWS, debe garantizar la compatibilidad técnica de los dispositivos adyacentes y proponer proyectos que puedan acortar la brecha de la desigualdad tecnológica y llevar conectividad a los ambientes rurales (Tabla 2-7).

De acuerdo con el análisis realizado DOFA-CAME que analiza dos aspectos externos (amenazas y oportunidades) y dos aspectos internos (debilidades y fortalezas), se recomienda (Tabla 2-9):

- Reafirmar y mantener las fortalezas del estudio VT en encaminar la tecnología a proyectos de conectividad rural que permitan el uso de arquitecturas combinadas (LTE, 5G, C-RAN, TVWS) con topología Mesh para acceso a última milla, sin olvidar las energías alternativas para disminución del costo energético.
- Explotar las oportunidades de aplicabilidad de TVWS con IoT y redes Mesh en la creación de redes de contenidos educativos, en los sistemas de alertas y emergencias y en el mejoramiento en recepción de redes celulares, como alternativa de última milla TVWS en zonas rurales.

- Corrección de las debilidades con el desarrollo de proyectos que tengan un enfoque claro en la construcción de dispositivos a bajo costo para la conectividad TVWS permitiendo bajar los costos de implementación en zonas rurales.
- Afrontar amenazas DAFO-CAME, las cuales se puedan superar con el trabajo en equipo de los entes reguladores y los desarrolladores de equipos de red con la finalidad de generar compatibilidad con las tecnologías existentes y la reglamentación de estas.

Actualmente la ANE cuenta con una herramienta que muestra las coordenadas de los canales donde se puede transmitir TVWS (Figura 3-1).

Figura 3-1: Base de datos nacional de disponibilidad de canales TVWS.

INICIO
ACERCA DE ESPACIOS EN BLANCO EN TV(TVWS)
PREGUNTAS FRECUENTES
AYUDA

Consulta de canales disponibles

La presente consulta le muestra los canales disponibles en un punto geográfico con el objetivo que pueda planificar su red TVWS, sin embargo, esto no lo habilita para el uso de canales en dicha posición geográfica. Ingrese las coordenadas y de clic en búsqueda.

Latitud

Longitud

Listado de canales

Disponible
No Disponible

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✘	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
✔	✔	✔	✔	✘	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✘

Los TVWS han demostrado ser una salida a la desconexión digital de las poblaciones apartadas, donde ni la fibra óptica, ni la señal celular, ni los radios enlaces son viables para lograr la conectividad. TVWS es una solución dirigida a poblaciones muy apartadas del casco urbano, de difícil acceso por su geografía, con centros poblados dispersos. Su adopción puede reducir costos basados en un estudio de arquitectura de bajo costo para regiones en desarrollo (Tabla 3-1).

Tabla 3-1: Relación de dispositivos con TVWS [44].

Dispositivo Carlson Wireless	Dispositivo Tarjeta de radio Doodle Labs miniPCI
<ul style="list-style-type: none"> • Consumo excesivo de potencia • Latencia alta • Costos más altos 	<ul style="list-style-type: none"> • Energéticamente eficiente • Versatilidad para implementación de acceso Wi-Fi local • Basado en software abierto • Consumo eléctrico a la mitad de los proveedores comerciales

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

A través de las herramientas en el ejercicio de la vigilancia tecnológica estas han brindado un panorama general del estado actual de la tecnología TVWS en Colombia y en el mundo. Basados en ese panorama se encuentra los diversos beneficios en la gestión del espectro y la adhesión a las normativas en Colombia con la ANE.

El trabajo realizado por los entes gubernamentales con la banda ancha, ha demostrado sus beneficios en la economía del país y con la ayuda de estas tecnologías emergentes como los TVWS, podría reducir la brecha tecnológica y lograr una conectividad fiable a lugares apartados y de difícil acceso.

La arquitectura más utilizada y recomendada es la TVWS, en Colombia es la cual nos brinda un método de acceso a bases de datos de canales disponibles los cuales se generan por georreferencia y permiten lograr una conectividad fiable sin interferencia.

La tecnología TVWS está preparada para trabajar en redes WI-FI, en modos de uso M2M, como extensores de cobertura de red móvil y la más utilizada por la gran cantidad de espacios en blanco disponibles en el área rural, permite llegar a los menos favorecidos con banda ancha rural TVWS.

La regulación de los TVWS por parte de FCC, Ofcom, DSA, ECC, ETSI han trabajado de la mano con los ISP para lograr los primeros pilotos en el desarrollo de esta tecnología en diversos campos (Telemedicina, comunicación de trenes, conectividad en escuelas rurales, conectividad para gestión de redes eléctricas, etc.). En Colombia se lograron pilotos en varias zonas del país para interconectar fincas y escuelas rurales, las cuales sirven como base para expandir los diferentes campos de acción que beneficie al campo colombiano.

4.2 Recomendaciones

Realizar un estudio exhaustivo de VT general, que comprenda todas las fases de la metodología VT de Palop-Marro, Sánchez-Torres y enfocarla a evaluar los factores de costos de implementación, las posibilidades de desarrollar dispositivos TVWS a bajo costo y la puesta en marcha de un piloto que valide su uso en las zonas rurales.

A. Anexo: Corpus de información

Corpus de información (scopus, IEEE, Web of Science)

Authors	Title -Topics TVWS -VT	Year	Document Type	Source
Corral-De-Witt, Danilo; Ahmed, Sabbir; Awin, Faroq; Luis Rojo-Álvarez, José; Tepe, Kemal	An Accurate Probabilistic Model for TVWS Identification	2019	Article	Webofscience
Ghosh, Suman; Karar, Sandip; Das Barman, Abhirup	A Pricing-Based Rate Allocation Game in TVWS Backhaul and Access Link for Rural Broadband	2019	Article	Webofscience
Ouyang, Ruiting; Matsumura, Takeshi; Mizutani, Keiichi; Harada, Hiroshi	A Reliable Channel Estimation Scheme Using Scattered Pilot Pattern for IEEE 802.22-Based Mobile Communication System	2019	Article	Webofscience
Usaquén, García	Design of a competitive intelligence system for the meat sector in Colombia using business intelligence	2019	Conference Paper	Scopus
Lara Gracia M.A.	Internet-of-things supply chain solution	2019	Conference Paper	Scopus
de la Hoz-Domínguez E.J.; Fontalvo-Herrera T.J.; Escorcia-Guzmán A.	Creation of business profiles of exporting companies through unsupervised learning [Creación de Perfiles Empresariales para Compañías Exportadoras mediante Aprendizaje No Supervisado]	2019	Article	Scopus
S. Ghosh; S. Karar; A. D. Barman	A Pricing-Based Rate Allocation Game in TVWS	2019	IEEE Journals	IEEE

Backhaul and Access Link for Rural Broadband				
A. M. Pessoa; B. Sokal; C. F. M. e Silva; T. F. Maciel; A. L. F. de Almeida; D. A. Sousa; Y. C. B. Silva; F. R. P. Cavalcanti	CDL-based Channel Model for 5G MIMO Systems in Remote Rural Areas	2019	IEEE Conferences	IEEE
A. A. Lysko; C. R. Burger; A. A. Lysko; E. Hagopian	Comparison of the Modelled Maximum Wireless Link Distance for TVWS and Wi-Fi within South African Regulatory Constraints: Which Technology Wins and in Which Scenarios?	2019	IEEE Conferences	IEEE
R. Abozariba; E. Davies; M. Broadbent; N. Race	Evaluating the Real-World Performance of 5G Fixed Wireless Broadband in Rural Areas	2019	IEEE Conferences	IEEE
G. Ferreira; P. S. Barreto; M. F. Caetano; E. Alchieri; J. Vartiainen; H. Karvonen; M. Matinmikko-Blue; J. Seki	A Tool for Developing Collaborative Sensing and Cognitive MAC Layer Solutions for 5G in Rural Areas	2019	IEEE Conferences	IEEE
R. Ouyang; T. Matsumura; K. Mizutani; H. Harada	A Reliable Channel Estimation Scheme Using Scattered Pilot Pattern for IEEE 802.22-Based Mobile Communication System	2019	IEEE Journals	IEEE
Chandra; R.; Moscibroda; T.	Perspective: White space networking with wi-fi like connectivity	2019	Article	scopus
Ghosh; S.; Karar; S.; Das Barman; A.	A pricing-based rate allocation game in TVWS backhaul and access link for rural broadband	2019	Article	scopus
Martinez Alonso, Rodney; Plets, David; Deruyck, Margot; Martens, Luc; Guillen Nieto, Glauco; Joseph, Wout	TV White Space and LTE Network Optimization Toward Energy Efficiency in Suburban and Rural Scenarios	2018	Article	Webofscience

Shin, Kyubo; Kim, Hyoil; Chun, Se Young; Shin, Donghoon	TVWS assisted performance anomaly mitigation exploiting spectrum heterogeneity	2018	Article	Webofscience
Magana-Rodríguez, Roberto; Villarreal-Reyes, Salvador; Galaviz-Mosqueda, Alejandro; Rivera-Rodríguez, Raúl; Conte-Galvan, Roberto	An Adaptive Cross-Layer Admission Control Mechanism for Telemedicine Services over the IEEE 802.22/WRAN Standard	2018	Article	Webofscience
Lozano L.A.; del Pilar Villamil M.	Strategy to develop a digital public health observatory integrating business intelligence and visual analytics	2018	Conference Paper	Scopus
Kelechi, Anabi Hilary; Abdullah, Nor Fadzilah; Nordin, Rosdiadee; Ismail, Mahamod	D-GRACE: Discounted Spectrum Price Game-Based Resource Allocation in a Competitive Environment for TVWS Networks	2018	Article	Webofscience
H. M. Almantheri; K. Al Amri; Y. Al Bahri; G. Al Rahbi	TV White Space (TVWS) trial in Oman: Phase one (Technical)	2018	IEEE Conferences	IEEE
S. Agarwal; S. De	Rural Broadband Access via Clustered Collaborative Communication	2018	IEEE Journals	IEEE
A. H. Kelechi; N. F. Abdullah; R. Nordin; M. Ismail	D-GRACE: Discounted Spectrum Price Game-Based Resource Allocation in a Competitive Environment for TVWS Networks	2018	IEEE Journals	IEEE
R. Martínez Alonso; D. Plets; M. Deruyck; L. Martens; G. Guillen Nieto; W. Joseph	TV White Space and LTE Network Optimization Toward Energy Efficiency in Suburban and Rural Scenarios	2018	IEEE Journals	IEEE
M. M. Kassem; M. K. Marina; O. Holland	On the potential of TVWS spectrum to enable a low cost middle mile network infrastructure	2018	IEEE Conferences	IEEE
R. Ouyang; T. Matsumura; K. Mizutani; H. Harada	A Robust Channel Estimation for IEEE 802.22 Enabling Wide Area Vehicular Communication	2018	IEEE Conferences	IEEE

R. W. Jones; K. Katzis	Will TV White Spaces Increase Telehealth Capability?	2018	IEEE Conferences	IEEE
Jones; R.; Katzis; K.	Will TV White Spaces Increase Telehealth Capability?	2018	Conference Paper	scopus
George; D.S.; Rao; S.N.	Enabling Rural Connectivity: Long Range Wi-Fi Versus Super Wi-Fi	2018	Conference Paper	scopus
Csurgai-Horvath; L.; Bito; J.Z.	Route Planning for Mobile IoT Devices	2018	Conference Paper	scopus
Almantheri; H.M.; Al Amri; K.; Al Bahri; Y.; Al Rahbi; G.	TV White Space (TVWS) trial in Oman: Phase one (Technical)	2018	Conference Paper	scopus
Martínez Alonso; R.; Plets; D.; Deruyck; M.; Martens; L.; Guillen Nieto; G.; Joseph; W.	TV White Space and LTE Network Optimization Toward Energy Efficiency in Suburban and Rural Scenarios	2018	Article	scopus
Aji; L.S.; Juwono; F.H.; Wibisono; G.; Gunawan; D.	Proposal for improving white-space channel availability	2018	Article	scopus
Johnson; D.; Zlobinsky; N.; Lysko; A.; Lamola; M.; Hadzic; S.; Maliwatu; R.; Densmore; M.	Head to Head Battle of TV White Space and WiFi for Connecting Developing Regions	2018	Conference Paper	scopus
Khaturia; M.; Banerjee Belur; S.; Karandikar; A.	TV White Space Technology for Affordable Internet Connectivity	2018	Book Chapter	scopus
Vargas E.; Beltrán S.D.; Jamaica A.A.; Vargas F.L.Q.	Technological surveillance and competitive intelligence for a new technique to detect Giardia: An innovation in health [Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva de un desarrollo tecnológico para la detección de Giardia; una innovación en salud]	2018	Article	scopus
Perez L.G.; Dominguez E.R.; Ovallos-Gazabon D.	A proposal for a technological surveillance unit aimed at regional competitiveness	2017	Article	Scopus

L. M. Amine; E. B. Adil; P. H. Aawatif	Toward enhancing connectivity through TVWS in outdoor rural isolated environment	2017	IEEE Conferences	IEEE
M. Khalil; J. Qadir; O. Onireti; M. A. Imran; S. Younis	Feasibility; architecture and cost considerations of using TVWS for rural Internet access in 5G	2017	IEEE Conferences	IEEE
A. Taggu; K. Rina; K. Yasina; N. Marchang	A study on spectral occupancy in the north eastern India for rural broadband access	2017	IEEE Conferences	IEEE
K. Ndlovu; Z. A. Mbero; C. L. Kovarik; A. Patel	Network performance analysis of the television white space (TVWS) connectivity for telemedicine: A case for Botswana	2017	IEEE Conferences	IEEE
A. Montejo; A. Bañal; H. Sawada; K. Ishizu; K. Ibuka; F. Kojima	Implementation of a multi-hop network at the university campus using an IEEE 802.11af-compliant Network	2017	IEEE Conferences	IEEE
A. S. Arifin; D. A. Prasetyo	Study on television white space in Indonesia	2017	IEEE Conferences	IEEE
N. Nurani Krishnan; G. Sridharan; I. Seskar; N. Mandayam	Coverage and rate analysis of super Wi-Fi networks using stochastic geometry	2017	IEEE Conferences	IEEE
Aji; L.S.; Wibisono; G.; Gunawan; D.	The adoption of TV white space technology as a rural telecommunication solution in Indonesia	2017	Conference Paper	scopus
Arifin; A.S.; Prasetyo; D.A.	Study on television white space in Indonesia	2017	Conference Paper	scopus
Singh; A.; Krishna Naik; K.; Kumar; C.R.S.	UHF TVWS operation in Indian scenario utilizing wireless regional area network for rural broadband access	2017	Conference Paper	scopus
Popescu, Vlad; Fadda, Mauro; Murrioni, Maurizio	Performance analysis of IEEE 802.22 wireless regional area network in the presence of digital video broadcasting - second generation terrestrial broadcasting services	2016	Article	Webofscience

Chavez, Afton; Littman-Quinn, Ryan; Ndlovu, Kagiso; Kovarik, Carrie L.	Using TV white space spectrum to practise telemedicine: A promising technology to enhance broadband internet connectivity within healthcare facilities in rural regions of developing countries	2016	Article	Webofscience
A. Singh; K. K. Naik; C. R. S. Kumar	UHF TVWS operation in Indian scenario utilizing wireless regional area network for rural broadband access	2016	IEEE Conferences	IEEE
V. Popescu; M. Fadda; M. Murrioni; D. Giusto	Coexistence issues for IEEE 802.22 WRAN and DVB-T2 networks	2016	IEEE Conferences	IEEE
A. S. Asif Ahmad; B. Keshavamurthy; K. S. Abhay Narasimha; N. Mahesh; M. N. Suma	Communication system design for white-fi (802.11af)	2016	IEEE Conferences	IEEE
W. Kenyon; A. Mickelson; A. Anderson	A testbed for WiLDNet and white space	2016	IEEE Conferences	IEEE
M. Samra; L. Chen; C. Roberts; C. Constantinou; A. Shukla	Assessing the usage feasibility of TV white spaces for rail remote condition monitoring	2016	IET Conferences	IEEE
S. Pagadarai; R. Grover; S. J. Macmullan; A. M. Wyglinski	Digital Predistortion of Power Amplifiers for Spectrally Agile Wireless Transmitters	2016	IEEE Conferences	IEEE
M. Samra; Lei Chen; C. Roberts; C. Constantinou; A. Shukla	Assessing the usage feasibility of TV White Spaces for railway communication applications	2016	IEEE Conferences	IEEE
V. Popescu; M. Fadda; M. Murrioni	Performance analysis of IEEE 802.22 wireless regional area network in the presence of digital video broadcasting , second generation terrestrial broadcasting services	2016	IET Journals	IEEE
Prasad; N.C.; Deb; S.; Karandikar; A.	Feasibility study of LTE middle-mile networks in TV	2016	Conference Paper	scopus

White Spaces for rural India				
Subramanian; S.; Mallangi; G.R.; Sasirekha; G.; Bapat; J.; Das; D.	Feasibility study for Wi-Fi in the TV whitespaces of Bangalore	2016	Conference Paper	scopus
Kumar; A.; Karandikar; A.; Naik; G.; Khaturia; M.; Saha; S.; Arora; M.; Singh; J.	Toward enabling broadband for a billion plus population with TV white spaces	2016	Article	scopus
Kenyon; W.; Mickelson; A.; Anderson; A.	A testbed for WiLDNet and white space	2016	Conference Paper	scopus
Berges-García A.; Meneses-Chaus J.M.; Martínez-Ortega J.F.	Methodology for evaluating functions and products for technology watch and competitive intelligence (TW/CI) and their implementation through web [Metodología para evaluar funciones y productos de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (VT/IC) y su implementación a través de web]	2016	Article	scopus
Deshmukh, Madhukar; Frederiksen, Flemming B.; Prasad, Ramjee	A Closed Form Estimate of TVWS Capacity Under the Impact of an Aggregate Interference	2015	Article	Webofscience
Barreneche J.G.; Hernandez A.M.; Garcia J.H.	Analysis of total cost of ownership (TCO) applied to processes of biomedical technology acquisition competitive intelligence	2015	Conference Paper	Scopus
M. T. Masonta; T. M. Ramoroka; A. A. Lysko	Using TV White Spaces and e-Learning in South African rural schools	2015	IEEE Conferences	IEEE
R. Almesaeed; N. F. Abdullah; A. Doufexi; A. R. Nix	A Throughput Study of White-Fi Networks in Rural Environment under Realistic Conditions and Mobility	2015	IEEE Conferences	IEEE
M. T. Masonta; L. M. Kola; A. A. Lysko; L. Pieterse; M. Velepini	Network performance analysis of the Limpopo TV white space (TVWS) trial network	2015	IEEE Conferences	IEEE

R. Kennedy; K. George; O. Vitalice; W. Okello-Odongo	TV white spaces in Africa: Trials and role in improving broadband access in Africa	2015	IEEE Conferences	IEEE
J. Pinifolo; S. Rimer; B. Paul; C. Daka; C. Mikeka; S. Mlatho	Design of a low cost television White Space Z antenna	2015	IEEE Conferences	IEEE
A. Bishnu; V. Bhatia	On performance analysis of IEEE 802.22 (PHY) for COST-207 channel models	2015	IEEE Conferences	IEEE
W. A. Nuñez; A. S. Bañacia	Simulation and FPGA implementation of television white space sensing using energy detection for cognitive radio	2015	IEEE Conferences	IEEE
Torres Riascos; D.; Inga Ortega; E.; Águila Téllez; A.	Advanced metering infrastructure for microgeneration in rural zones using TV white spaces based on spectrum opportunistic	2015	Article	scopus
Sharma; P.; Rammurthy; G.	Rural broadband plan in India: A TVWS scenario	2015	Conference Paper	scopus
Mody; A.; Chouinard; G.; Shellhammer; S.J.; Ghosh; M.; Cavalcanti; D.	Cognitive Wireless Regional Area Network Standard: Enabling Cost-Effective Wireless Access; Middle-Mile Solution and Backhaul Using Spectrum Sharing and Opportunistic Spectrum Access	2015	Book Chapter	scopus
Palka; P.	TV white space utility in urban and rural environments	2015	Conference Paper	scopus
Masonta; M.T.; Ramoroka; T.M.; Lysko; A.A.	Using TV White Spaces and e-Learning in South African rural schools	2015	Conference Paper	scopus
Almesaeed; R.; Abdullah; N.F.; Doufexi; A.; Nix; A.R.	A throughput study of white-fi networks in rural environment under realistic conditions and mobility	2015	Conference Paper	scopus
Villarroelg C.; Comai A.; Karmelicpavlov V.; Fernándezo A.; Arriagadav C.	Design and implementation of a technological surveillance and competitive intelligence unit [Diseño e implementación de una unidad de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva]	2015	Article	scopus

Barreneche J.G.; García J.H.; Serrano J.; Brand J.; Hernández A.M.	Improvement of emergency services using technological surveillance and competitive intelligence [Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva aplicadas al mejoramiento de los servicios de urgencias hospitalarias]	2015	Conference Paper	scopus
P. Sharma; G. Rammurthy	Rural broadband plan in India: A TVWS scenario	2014	IEEE Conferences	IEEE
N. Rakheja; P. Bhatia; V. Sevani; V. J. Ribeiro	ROSALNet: A spectrum aware TDMA mesh network for rural Internet connectivity	2014	IEEE Conferences	IEEE
R. Almesaeed; N. F. Abdullah; A. Doufexi; A. R. Nix	Performance Evaluation of 802.11 Standards Operating in TVWS and Higher Frequencies under Realistic Conditions	2014	IEEE Conferences	IEEE
N. F. Abdullah; A. Goulianos; D. Kong; E. Mellios; D. Berkovskyy; A. Doufexi; A. Nix	Infrastructure-to-vehicle throughput in TVWS for urban and rural environments	2014	IEEE Conferences	IEEE
C. H. Dinh; P. V. Tien	Assessment of TV white space in Vietnam	2014	IEEE Conferences	IEEE
A. A. Goulianos; N. F. Abdullah; D. Kong; E. Mellios; D. Berkovskyy; A. Doufexi; A. Nix	Evaluation of 802.11 and LTE for Automotive Applications	2014	IEEE Conferences	IEEE
Zhao; Z.; Vuran; M.C.; Batur; D.; Ekici; E.	Ratings for spectrum: Impacts of TV viewership on TV whitespace	2014	Conference Paper	scopus
Kelechi; A.H.; Nordin; R.	Non cooperative Cournot economic game model for heterogeneous coexistence in TVWS	2014	Conference Paper	scopus
Rakheja; N.; Bhatia; P.; Sevani; V.; Ribeiro; V.J.	ROSALNet: A spectrum aware TDMA mesh network for rural Internet connectivity	2014	Conference Paper	scopus
Schöne; G.; Thelen-Bartholomew; R.	Dynamic spectrum access: Is TV whitespace the solution or only the start?	2014	Conference Paper	scopus
McGuire; C.; Weiss; S.	Multi-radio network optimisation using	2014	Conference Paper	scopus

	Bayesian belief propagation			
Ouattara; D.; Krief; F.; Chalouf; M.A.; Bissyandé; T.F.	Improving Rural Emergency Services with Cognitive Radio Networks in Sub-Saharan Africa	2014	Conference Paper	scopus
Zennaro; M.; Pietroseoli; E.; Sathiaseelan; A.	Architecting a low cost television white space network for developing regions	2014	Conference Paper	scopus
Goulianos; A.A.; Abdullah; N.F.; Kong; D.; Mellios; E.; Berkovsky; D.; Doufexi; A.; Nix; A.	Evaluation of 802.11 and LTE for automotive applications	2014	Conference Paper	scopus
Sellero F.J.S.; González M.C.	Development of technological vigilance systems in Spanish aquaculture [Desarrollo de sistemas de vigilancia tecnológica en la acuicultura Española]	2012	Article	scopus
Ortega A.E.; García V.M.; Escobar A.M.V.	System design for multiple application technological surveillance in order to measure the technological gap in Colombian companies [Diseño de un sistema para la vigilancia tecnológica de aplicación múltiple; con el fin de medir la brecha tecnológica en las empresas colombianas]	2012	Conference Paper	scopus
Fuentes B.F.; Álvarez S.P.; Gastaminza F.V.	Methodology to implement technology and documentary Watch systems: the case of project INREDIS [Metodología para la implantación de sistemas de vigilancia tecnológica y documental: EL caso del proyecto INREDIS]	2009	Article	scopus
Comai A.; Tena J.; Vergara J.C.	Technology watch software for patents: An evaluation from the user's perspective [Software para la vigilancia tecnológica de patentes: Evaluación desde la	2006	Article	scopus

	perspectiva de los usuarios]			
Vázquez L.R.	Ferroatlántica R+D & the technology watch [Ferroatlántica I+D y la vigilancia tecnológica]	2006	Article	scopus

Corpus de información (Carrot2, Google, Yippy, ScienceDirect, Emerald)

Authors	Title -Topics TVWS -VT	Year	Document Type	Source
Colombia, Ministerio de Educación	Programa conexión total	2020	Article	Carrot2
Chaudhari, Bharat Borkar, Suresh	Design considerations and network architectures for low-power wide-area networks	2020	Article	ScienceDirect
Arévalo, Edward Flores, Douglas Bran, Carlos Martínez, Carlos Manzanarez, Salvador	Diseño y despliegue de infraestructura TVWS para la mejora de servicios de conectividad y aplicaciones con Internet de las Cosas Investigadores	2019	Article	Carrot2
GSMA	Manual de políticas públicas de comunicaciones móviles Manual de políticas públicas de comunicaciones móviles	2019	Article	Carrot2
Cruz-Rojas, Gilbert Andrés Molina-Blandón, Manuel Alejandro Valdiri-Vinasco, Verónica	Vigilancia tecnológica para la innovación educativa en el uso de bases de datos y plataformas de gestión de aprendizaje en la universidad del Valle, Colombia	2019	Article	Google

Kabalci, Ersan Kabalci, Yasin	Cognitive radio based smart grid communications	2019	Article	ScienceDirect
Latina, Gobernanza y regulaciones de Internet en América	Gobernanza y regulaciones de internet en américa latina	2018	Article	Carrot2
Pinzón, Gerardo Martínez	Compartición del Espectro Radio Eléctrico entre Tecnologías Inalámbricas de Última Generación en la Banda de la Televisión Digital Terrestre	2018	Article	Carrot2
Laura Liseth Barrera Camero	Herramienta de software para realizar los cálculos de las posibles interferencias de los dispositivos de huecos espectrales en televisión	2018	Article	Carrot2
Espinoza, DavidReed, David	Wireless technologies and policies for connecting rural areas in emerging countries: a case study in rural Peru	2018	Article	Emerald
González, Diego R. Guerrero	Vigilancia tecnológica aplicada al contexto	2018	Article	Google
Montori, Federico Bedogni, Luca Di Felice, Marco Bononi, Luciano	Machine-to-machine wireless communication technologies for the Internet of Things: Taxonomy, comparison and open issues	2018	Article	ScienceDirect
Alam, Sheraz Sohail, M. Farhan Ghauri, Sajjad A. Qureshi, I. M. Aqdas, Naveed	Cognitive radio based Smart Grid Communication Network	2018	Article	ScienceDirect

e Silva, Carlos F.M. Cavalcanti, F. Rodrigo P.	Techno-Economic Evaluation for TV White Spaces	2018	Article	ScienceDirect
Martínez, Gerardo Castro, Roberto Carlos Castañeda, Ricardo	Tecnologías de acceso dinámico y uso compartido del espectro	2017	Article	Carrot2
Roncancio, Gina	Sistema cognitivo de petición de canales disponibles en la banda de frecuencia de 470 MHz a 698 MHz para el despliegue de IOT	2017	Article	Carrot2
Remacha, Marta	La responsabilidad social corporativa ante los desafíos de las tecnologías de la información y la comunicación	2017	Article	Carrot2
ANE	Documento de respuestas a los comentarios recibidos al borrador de resolución “Por la cual se modifica la Resolución 711 de 2016 mediante la adopción de las condiciones de uso de dispositivos de espacios en blanco”.	2017	Article	Carrot2
ITU	Principios, retos y problemas de la gestión del espectro relacionados con el acceso dinámico a las bandas de frecuencias mediante sistemas de radiocomunicaciones	2017	Article	Carrot2

	con capacidades cognitivas.			
Madrid, Ignacio	Internet of things en la vida cotidiana	2017	Article	Carrot2
Cuevas-Riz, José Luis	Espacios blancos de la TV para zonas rurales	2017	Article	Yippy
Daza Tache, Carolina ANE	Espacios en Blanco	2017	Article	Google
Cancerología, Instituto Nacional de Cancerología	Boletín de Vigilancia Tecnológica e – oncología	2017	Article	Google
Jingmin, Yang Wenjie, Zhang Fumin, Zou	Survey of outdoor and indoor architecture design in TVWS networks	2017	Article	ScienceDirect
Aleksandr Yankelevich, Mitchell Shapiro and William H. Dutton	Reaching beyond the wire: challenges facing wireless for the last mile	2017	Article	Emerald
Rosales, Cesar Vargas	La explotación de espacios blancos de televisión en México	2016	Article	Carrot2
Carro, Gonzalo	Uso del espectro radioeléctrico en Uruguay	2016	Article	Carrot2
Hong, Areum Nam, Changi Kim, Seongcheol	Estimating the potential increase in consumer welfare from the introduction of Super Wi-Fi services in Korea	2016	Article	ScienceDirect

Rawat, Priyanka Singh, Kamal Deep Bonnin, Jean Marie	Cognitive radio for M2M and Internet of Things: A survey	2016	Article	ScienceDirect
Bellalta, BorisBononi, LucianoBruno, RaffaeleKassler, Andreas	Next generation IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks: Current status, future directions and open challenges	2016	Article	ScienceDirect
Chacón, Christian Arcángel Méndez	Red de comunicación inalámbrica terrestre y satelital como apoyo a servicios de protección civil en el caso de huracanes	2014	Article	Carrot2
Lawson, Philip	Telecommunications regulation: Creating order & opportunity in UK digital terrestrial television Whitespace	2014	Article	ScienceDirect
Bhatt, Jignesh Shah, Vipul Jani, Omkar	An instrumentation engineer's review on smart grid: Critical applications and parameters	2014	Article	ScienceDirect
Ferrari, Paolo Sisinni, Emiliano Flammini, Alessandra Depari, Alessandro	Adding accurate timestamping capability to wireless networks for smart grids	2014	Article	ScienceDirect
IFT (Instituto Federal de Telecomunicaciones)	Segundo informe de actividades Instituto Federal de Telecomunicaciones	2013	Article	Carrot2
Butler, Jane Pietro Semoli, Ermanno Zenaro, Marco	Redes en los países en desarrollo	2013	Article	Yippy

Carmona, Jerry Giovanny Colorado Cano, Luz Adriana	Sistema de vigilancia tecnológica para el Sena regional Risaralda	2013	Article	Google
Agricultura, Ministerio de Nacional, Universidad Tecnológica, Instituto Colombiano para el desarrollo de la ciencia y la Tecnología, Observatorio colombiano de ciencia y Colombia, Universidad externado	Estudios de vigilancia tecnológica aplicados a cadenas productivas del sector agropecuario colombiano	2008	Article	Google

Bibliografía

- [1] C. Guerrero, "Television White Space," 2017, [Online]. Available: http://www.academia.edu/26348239/Television_White_Space
- [2] Mintic, "Plan nacional de conectividad rural," 2019.
- [3] Sanchez-Torres Jenny Marcela, M. V. J. Enrique, and L. G. L. Marcela, "Redes de unidades de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (vtic). Caso colombiano," *Revista Hispana De La Inteligencia Competitiva*, vol. 6, pp. 7–13, 2009.
- [4] "Vigilancia tecnológica e Inteligencia competitiva," Apúntes de clase 2020069, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia, 2018.
- [5] J. M. Sánchez and F. Palop, "Herramientas de software para la práctica en la empresa de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva," 2015, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/31842359_Herramientas_de_software_para_la_practica_en_la_empresa_de_la_vigilancia_tecnologica_e_inteligencia_competitiva_evaluacion_comparativa_JM_Sanchez_Torres_pref_de_Eduardo_Rios_Pit_a_presen_de_Fernando_Pa
- [6] L. M. Amine, E. B. Adil, and P. H. Aawatif, "Toward enhancing connectivity through TVWS in outdoor rural isolated environment," *2017 Sensors Networks Smart Emerg. Technol. SENSET 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1–4, 2017, doi: 10.1109/SENSET.2017.8125069.
- [7] R. A. Saeed and S. J. Shellhammer, "Regulations, Standards, and Applications," in *TV White Space Spectrum Technologies*, Taylor Fra., US: CRC Press, 2016, pp. 6–30. doi: 10.1201/b11364.
- [8] B. I. Series, "BROADBAND INTELLIGENCE SERIES TV WHITE SPACE : Ready for prime time ?," US, 2014.
- [9] ECC, "ECC Report 236: Guidance for national implementation of a regulatory framework for TV WSD using geo-location databases," no. May, 2015.
- [10] H. L. Teodorescu, *Networking , Intelligent Systems and Security*, vol. 237. Singapore: Springer, 2021.
- [11] M. T. Masonta, T. M. Ramoroka, and A. A. Lysko, "Using TV White Spaces and e-

- Learning in South African rural schools,” *2015 IST-Africa Conf. IST-Africa 2015*, pp. 1–12, 2015, doi: 10.1109/ISTAFRICA.2015.7190564.
- [12] H. T. Ko, C. H. Lee, J. H. Lin, K. Chung, and N. S. Chu, “Television white spaces: Learning from cases of recent trials,” *Int. J. Digit. Telev.*, vol. 5, no. 2, pp. 149–167, 2014, doi: 10.1386/jdtv.5.2.149_1.
- [13] A. Chavez, R. Littman-Quinn, K. Ndlovu, and C. L. Kovarik, “Using TV white space spectrum to practise telemedicine: A promising technology to enhance broadband internet connectivity within healthcare facilities in rural regions of developing countries,” *J. Telemed. Telecare*, vol. 22, no. 4, pp. 260–263, 2015, doi: 10.1177/1357633X15595324.
- [14] H. M. Almantheri, K. Al Amri, Y. Al Bahri, and G. Al Rahbi, “TV White Space (TVWS) trial in Oman: Phase one (Technical),” *6th Int. Conf. Digit. Information, Networking, Wirel. Commun. DINWC 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/DINWC.2018.8356986.
- [15] A. S. Arifin and Di. A. Prasetyo, “Study on television white space in Indonesia,” *Proceeding - 2017 Int. Conf. Radar, Antenna, Microwave, Electron. Telecommun. ICRAMET 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 128–133, 2018, doi: 10.1109/ICRAMET.2017.8253160.
- [16] B. M. Pati, A. Lertsinsrubtavee, A. Taparugssanagorn, K. Kanchanasut, and A. Sathiseelan, “Adaptive threshold setting for determining spectrum occupancy in TV white space in Thailand,” *Proc. 1st ACM SIGCAS Conf. Comput. Sustain. Soc. COMPASS 2018*, 2018, doi: 10.1145/3209811.3212706.
- [17] C. H. Dinh and P. Van Tien, “Assessment of TV white space in Vietnam,” *Int. Conf. Adv. Technol. Commun.*, vol. 2015-Febru, pp. 637–640, 2015, doi: 10.1109/ATC.2014.7043466.
- [18] T. Engineering Centre, “Broadband deployment through TV - White Space,” *Ministry of Communications, Government of India*, 2016.
http://tec.gov.in/pdf/Studypaper/TVWS_Final.pdf
- [19] R. G. S.Priyanka, “Rural Broadband Plan in India: A TVWS Scenario,” in *2014 IEEE 2nd International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT)*, 2014, pp. 98–103. doi: 10.1109/ISTT.2014.7238185.
- [20] Y. Xu, P. Kangi, X. Zhui, J. Dingi, T. State, and R. Monitoring, “Quantifying the

- Availability of TV White,” in *2015 IEEE 6th International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation, and EMC Technologies (MAPE)*, 2015, pp. 779–783.
- [21] M. Samra, L. Chen, C. Roberts, C. Constantinou, and A. Shukla, “Assessing the usage feasibility of TV White Spaces for railway communication applications,” *2016 IEEE Int. Conf. Intell. Rail Transp. ICIRT 2016*, pp. 288–297, 2016, doi: 10.1109/ICIRT.2016.7588551.
- [22] M. Oliver, “Where are the TV White Space pilots ? Are they still a solution for the mobile broadband market ? 1,” in *CPRLATAM Conference Cartagena, Colombia*, 2017, pp. 319–326.
- [23] D. Espinoza and D. Reed, “Wireless technologies and policies for connecting rural areas in emerging countries: a case study in rural Peru,” *Digit. Policy, Regul. Gov.*, vol. 20, no. 5, pp. 479–511, 2018, doi: 10.1108/DPRG-03-2018-0009.
- [24] M. Suarez, “Tecnología espacios en blanco,” *Andicom Congr. Int. TIC*, p. 22, 2016, [Online]. Available: <http://www.ane.gov.co/images/COMUNICACIONES2016/PRESENTACION.pdf>
- [25] “Acceso a Internet en escuelas y fincas de Mesetas, Meta - Makaia.” <https://makaia.org/es/actualidad/acceso-internet-escuelas-fincas-mesetas-meta/> (accessed Jun. 13, 2018).
- [26] P. Escorsa and J. Pasola Valls, “Tecnología e innovación en la empresa,” 1ra ed., Barcelona: Ediciones UPC, 2005, pp. 87–89.
- [27] J. Mu and V. Triano, “I + D + i : recursos y herramientas,” *El Prof. la Inf.*, pp. 411–419, 2006, doi: 10.3145/epi.2006.nov.02.
- [28] B. Jürgens and V. Herrero-Solana, “Estudios sectoriales de vigilancia tecnológica para la comunidad empresarial e investigadora de Andalucía,” *Prof. la Inf.*, vol. 20, no. 5, pp. 533–541, 2011, doi: 10.3145/epi.2011.sep.07.
- [29] C. A. Bueno and V. P. Rivas, “Vigilancia tecnológica Estudio Sectorial - Tecnologías inalámbricas,” Agencia de innovación y desarrollo de Andalucía IDEA, Estudio sectorial, Andalucía, 2008.
- [30] P. Vargas Cantín, I. Ortiz Montenegro, and V. Rojas Maturana, “Vigilancia Tecnológica Aplicada a Nanociencia Y Nanotecnología En Países De Latinoamérica,” *J. Technol. Manag. Innov. JOTMI Res. Gr. Santiago J. Technol. Manag. Innov.*, vol. 1, no. 4, pp. 83–94, 2006, [Online]. Available:

- <http://redalyc.uaemex.mx>
- [31] M. Tobón, R. Zarta, J. W. Zарtha, R. Estrada, J. Díaz, and J. Gómez, “Vigilancia tecnológica y análisis del ciclo de vida de la tecnología : técnicas de evaluación de la usabilidad , métricas y herramientas en el sector TICs,” *Espacios*, vol. 38, no. 22, pp. 1–28, 2017.
- [32] M. V. P. Florentino Malaver Rodriguez, “Vigilancia tecnologica y competitividad sectorial: lecciones y resultados de cinco estudios.” 1ra ed., Bogota: Universidad Pontificia Javeriana, 2007, pp. 220–243.
- [33] E. L. Eldar, C, “Technological surveillance and proposal of an architecture oriented to services , applied to the improvement of the ambulance service emergency : Colombian case study,” in *2017 1st Latin American Conference on Intelligent Transportation Systems (ITS LATAM)*, 2017, pp. 1–5.
- [34] M. de Agricultura, U. Nacional, I. C. para el desarrollo de la ciencia y la Tecnologia, O. colombiano de ciencia y Tecnologia, and U. externado de Colombia, “Estudios de vigilancia tecnológica aplicados a cadenas productivas del sector agropecuario colombiano,” Bogota: Giro Editores Ltda, 2008, pp. 13–26.
- [35] J. F. Sierra, “Vigilancia Tecnologica E Inteligencia Competitiva En Ciudades Inteligentes,” *Esp. Gestión de la Innovación Tecnológica*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellin, 2013.
- [36] DANE, “Censo Nacional de Población y censo nacional de vivienda Vivienda,” *DANE, Publ. para todos*, p. 66, 2018, [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>
- [37] A. Lehiakorra, “Los factores críticos de vigilancia,” pp. 1–5, 2015, [Online]. Available: <http://www.adimenlehiakorra.eus/es/para-quien>
- [38] M. Khaturia, S. Banerjee Belur, and A. Karandikar, *TV White Space Technology for Affordable Internet Connectivity*, 1st ed. Elsevier Ltd, 2018. doi: 10.1016/B978-0-08-100611-5.00007-2.
- [39] A. Kumar, R. Kumar, P. Rathod, and A. Karandikar, “How much TV UHF band spectrum is sufficient for rural broadband coverage?,” *2015 13th Int. Symp. Model. Optim. Mobile, Ad Hoc, Wirel. Networks, WiOpt 2015*, pp. 419–426, 2015, doi: 10.1109/WIOPT.2015.7151101.

- [40] L. S. Aji, G. Wibisono, and D. Gunawan, "The adoption of TV white space technology as a rural telecommunication solution in Indonesia," *QiR 2017 - 2017 15th Int. Conf. Qual. Res. Int. Symp. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2017-Decem, pp. 479–484, 2017, doi: 10.1109/QIR.2017.8168534.
- [41] L. S. Aji, F. H. Juwono, G. Wibisono, and D. Gunawan, "Proposal for Improving White-Space Channel Availability," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1–1, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2874590.
- [42] J. Sepúlveda-Aguirre, carlos agosto Arboleda, E. O. Perez, and U. Quirama, "Análisis de los factores críticos de vigilancia para la competitividad de una empresa de base tecnológica," 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/332818071_Los_factores_criticos_de_vigilancia_Final_con_ajustes_a_la_correccion_de_Estilo
- [43] C. Rovira, "Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para SEM-SEO," 2019, [Online]. Available: <https://arxiu-web.upf.edu/hipertextnet/numero-6/vigilancia-tecnologica.html>
- [44] A. Saifullah, M. Rahman, D. Ismail, C. Lu, J. Liu, and R. Chandra, "Low-Power Wide-Area Network over White Spaces," *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 26, no. 4, pp. 1893–1906, 2018, doi: 10.1109/TNET.2018.2856197.