

Plan de Trabajo de Grado – Modalidad Investigación:

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA WEB PARA MONITOREO Y ANÁLISIS DE OCUPACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO UTILIZANDO RADIOS DEFINIDOS POR SOFTWARE

PRESENTADO ANTE:

Comité de Trabajos de Grado E3T

Por:

Diego Andres Ardila Ariza

Código: 2185594



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA  
Y DE TELECOMUNICACIONES



Bucaramanga  
Mayo del 2024

Bucaramanga, 09 de mayo del 2024

Profesores  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E 3T)  
Universidad Industrial de Santander

Presente

Referencia: Plan de trabajo de grado en la modalidad de proyecto de investigación: "Diseño e implementación de una plataforma web para monitoreo y análisis de ocupación del espectro radioeléctrico utilizando radios definidos por software."

Estimados profesores,

Considerando los artículos 3, 8. y 11. del capítulo IX del título V del reglamento académico estudiantil de pregrado<sup>1</sup> me permito presentar a su consideración el plan de trabajo de grado en la modalidad de proyecto de investigación: "Diseño e implementación de una plataforma web para monitoreo y análisis de ocupación del espectro radioeléctrico utilizando radios definidos por software" preparado por el estudiante de ingeniería electrónica Diego Andres Ardila Ariza, Código 2185594. Este documento cuenta con mi aprobación, por lo que respetuosamente solicito su evaluación.

Cordial saludo,

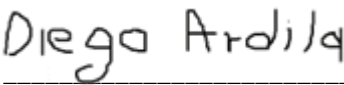

*Diego Ardila*

DIEGO ANDRES ARDILA ARIZA  
Estudiante de ingeniería electrónica  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

*Johan Tellez*

JOHAN LEANDRO TELLEZ GARZON  
Director del Trabajo  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

OMAR JAVIER TIJARO ROJAS  
Codirector del trabajo  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
 Diego Andres Ardila Ariza <i>Estudiante de Ingeniería Electrónica</i> <i>Código UIS: 2185594</i>	 Ing. Johan Leandro Téllez Garzón <i>Director del Trabajo de Grado</i>  Ing. Omar Javier Tijaro Rojas <i>Codirector del Trabajo de Grado</i>	Comité de Trabajos de Grado E <sup>3</sup> T Acta No. ____ del ____ de 2024 Código del Trabajo: _____  _____ <i>Evaluador designado por el Comité de Trabajos de Grado E3T</i>

Universidad Industrial de Santander (UIS)

Documento Confidencial

Ni la totalidad ni parte de este documento puede reproducirse, almacenarse o transmitirse por algún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación magnética o electrónica o cualquier medio de almacenamiento de información y sistemas de recuperación, sin permiso escrito de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Este es un documento interno de la UIS. Al recibirlo no podrá pasarlo a persona alguna excepto las que se le indique en la lista de distribución autorizada por la UIS. Cualquier persona externa a la UIS que utilice la información en este documento asume la responsabilidad por su empleo.

## 1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de servicios inalámbricos y la saturación del espectro radioeléctrico presentan un desafío significativo para la gestión eficiente de este recurso limitado. Imaginemos un mundo donde cada frecuencia está tan ocupada que resulta imposible hacer una llamada o conectarse a internet sin interferencias. Este es el escenario al que nos enfrentamos si no desarrollamos herramientas avanzadas para monitorear y gestionar el espectro radioeléctrico de manera eficiente. Nuestra propuesta de diseñar e implementar una plataforma web para el monitoreo y análisis de la ocupación del espectro utilizando radios definidos por software (SDR) representa una solución innovadora y crucial para este problema.

El uso de SDR en el monitoreo del espectro radioeléctrico permite una flexibilidad sin precedentes, ya que estos dispositivos pueden ser configurados para operar en múltiples bandas de frecuencia y adaptarse rápidamente a los cambios en el entorno de comunicaciones. La implementación de una plataforma web integrada no solo facilita la visualización de los datos en tiempo real, sino que también proporciona herramientas para el análisis estadístico de la ocupación del espectro. Esto es particularmente relevante en el contexto actual, donde tecnologías emergentes como 5G y el Internet de las Cosas (IoT) están aumentando la demanda sobre el espectro disponible.

Las tendencias actuales indican un movimiento hacia el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático para mejorar la precisión y eficiencia del monitoreo del espectro. Estas tecnologías permiten el análisis de grandes volúmenes de datos y la detección de patrones de uso, lo que facilita una gestión más dinámica y eficiente del espectro. Además, las políticas regulatorias están evolucionando para permitir un uso más flexible del espectro, lo que abre nuevas oportunidades para la implementación de soluciones basadas en SDR.

Un aspecto clave del proyecto es el desarrollo de algoritmos de procesamiento de señales digitales que, integrados con dispositivos USRP 2920 y antenas de banda ancha, permitirán el cálculo continuo de la ocupación espectral en bandas específicas. Este enfoque no solo proporciona una visión detallada del uso del espectro, sino que también permite la generación de informes estadísticos personalizados que pueden ser utilizados por los usuarios para tomar decisiones informadas sobre la gestión del espectro.

Los estudios previos han demostrado la viabilidad y eficacia de sistemas similares. Proyectos realizados en universidades como Stanford, MIT y Cambridge han utilizado SDR para el monitoreo del espectro, implementando plataformas web que facilitan el análisis y la visualización de datos. Estos proyectos han demostrado que es posible desarrollar soluciones efectivas y escalables que pueden ser adaptadas a diferentes contextos y necesidades.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad Industrial de Santander (UIS) se encuentra ante el desafío de implementar un sistema integral de monitoreo del espectro radioeléctrico que satisfaga sus necesidades específicas en investigación, enseñanza y desarrollo tecnológico en el campo de las

telecomunicaciones. Actualmente, la UIS carece de una plataforma que le permita realizar un seguimiento eficiente y en tiempo real de la ocupación del espectro en su campus universitario y áreas circundantes.

Esta carencia ha generado una serie de dificultades, entre las que se incluyen la detección ineficiente de interferencias, la falta de herramientas para calcular la calidad de las emisoras y la limitada capacidad para identificar y mitigar el uso indebido del espectro, incluyendo la presencia de emisoras ilegales. Estas limitaciones no solo afectan la calidad y confiabilidad de las comunicaciones inalámbricas en la UIS, sino que también obstaculizan la realización de investigaciones en el área de las telecomunicaciones y dificultan la impartición de clases prácticas en el tema.

Para abordar este problema, es fundamental desarrollar un sistema de monitoreo del espectro radioeléctrico que aproveche tecnologías de vanguardia como el radio definido por software (SDR). Este sistema deberá permitir a la UIS analizar de manera precisa y oportuna la ocupación del espectro, identificar interferencias, evaluar la calidad de las emisoras y detectar posibles irregularidades en el uso del espectro. Además, la plataforma debe ser fácilmente adaptable a las necesidades cambiantes de la universidad y contar con herramientas de visualización y análisis avanzadas para facilitar la toma de decisiones.

Al implementar este sistema, la UIS no solo mejorará la calidad y confiabilidad de sus servicios de comunicación inalámbrica, sino que también fortalecerá sus capacidades de investigación y enseñanza en el campo de las telecomunicaciones, contribuyendo así al desarrollo tecnológico y al avance académico en la institución.

### 2.1. *Variables analizadas:*

- **Bandas operacionales:** Se refiere a las diferentes bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico que están asignadas para su uso por parte de los sistemas de comunicación. Estas bandas operacionales pueden variar en anchura y características técnicas, y es importante conocerlas para realizar un monitoreo efectivo del espectro
- **Tipos de antenas:** Los diferentes tipos de antenas tienen características únicas que afectan su rendimiento y su capacidad para transmitir y recibir señales en diferentes frecuencias y direcciones. Comprender los tipos de antenas disponibles y sus propiedades es crucial para el diseño de sistemas de monitoreo del espectro.
- **Frecuencia de muestreo del equipo:** La frecuencia de muestreo del equipo es un factor crucial que determina la capacidad del sistema para capturar y analizar señales en el espectro. Una frecuencia de muestreo adecuada es necesaria para obtener mediciones precisas y realizar un análisis efectivo del espectro.
- **Ocupación Espectral:** Hace referencia a la medición del espectro radioeléctrico que es utilizado por señales de radio en un momento dado, lo cual es importante para el conocimiento de disponibilidad de frecuencias a ser analizadas y la planificación de recursos en las transmisiones inalámbricas.

- **Interferencias entre sistemas:** Analizar cuando múltiples sistemas realizan uso de la misma banda de frecuencia, evaluando hasta qué punto estas interferencias afectan la calidad y la confiabilidad de las transmisiones entre estos.
- **Uso indebido del espectro:** Involucra monitorear y controlar el uso de las bandas de frecuencia asignadas por la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de Colombia (MinTic), en cuanto a la identificación y manejo de los casos de mal uso del espectro como lo es el acceso no autorizado o la interferencia maliciosa, con el fin de garantizar una gestión eficiente y equitativa del espectro radioeléctrico.

## ***2.2. Criterios del problema***

- **Eficiencia en la detección de ocupación espectral:** Evaluar la capacidad del sistema para la detección de forma eficiente y precisa la ocupación de las bandas de frecuencia dentro del espectro radioeléctrico.
- **Precisión en la identificación de interferencias:** Medir la precisión con la que el sistema puede identificar y caracterizar las interferencias entre sistemas de comunicación, garantizando una gestión adecuada para minimizar su impacto en la calidad del servicio.
- **Facilidad de acceso y uso:** Evaluar la accesibilidad y uso de la plataforma web de los usuarios finales, brindando una interfaz intuitiva y amigable que sea eficiente y cumpla con la necesidad para la cual fue diseñada.

## ***2.3. Restricciones del problema***

- **Limitaciones técnicas:** La plataforma debe ser desarrollada dentro de los límites tecnológicos y de infraestructura disponibles. Esto incluye la capacidad de los equipos de hardware y software utilizados, así como las especificaciones técnicas de los radios definidos por software (SDR) y otras herramientas necesarias para el monitoreo del espectro.
- **Disponibilidad de datos:** La disponibilidad y calidad de los datos disponibles para el monitoreo del espectro pueden ser una restricción importante. Se debe garantizar el acceso a datos confiables y actualizados sobre la ocupación del espectro radioeléctrico en tiempo real para garantizar la efectividad de la plataforma.
- **Infraestructura de conectividad:** La disponibilidad y calidad de la infraestructura de conectividad, como redes de telecomunicaciones y acceso a Internet, pueden limitar la implementación y operación de la plataforma. Es necesario asegurar una conexión confiable y estable para el intercambio de datos entre la plataforma y los equipos de monitoreo.
- **Ancho de banda de las antenas:** El ancho de banda de las antenas utilizadas para el monitoreo del espectro puede ser una restricción importante, ya que determina la capacidad de capturar señales en diferentes frecuencias. Se deben seleccionar

antenas con el ancho de banda adecuado para cubrir las bandas de interés y garantizar una cobertura completa del espectro.

- **Sensibilidad del equipo receptor:** La sensibilidad del equipo receptor, incluidos los radios definidos por software y otros dispositivos de captura de señales, es crucial para detectar y analizar señales débiles en el espectro. Se deben utilizar equipos con alta sensibilidad para garantizar una detección precisa y confiable de las señales.
- **Capacidad de procesamiento:** La capacidad de procesamiento de la plataforma, tanto a nivel de hardware como de software, puede ser una restricción importante, especialmente cuando se realizan análisis en tiempo real de grandes volúmenes de datos. Se debe asegurar que la plataforma cuente con la capacidad de procesamiento adecuada para realizar análisis rápidos y eficientes del espectro radioeléctrico.

### 3. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una plataforma web para monitorear y analizar la ocupación de diversas bandas del espectro radioeléctrico utilizando radio definida por software (SDR).

### 4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características técnicas de los sistemas SDR disponibles en el laboratorio de comunicaciones para establecer las bandas de operación y los espacios de instalación.
- Desarrollar algoritmos de procesamiento de señales digitales mediante la integración del USRP 2920 con antenas de banda ancha, en el cual se realice el cálculo de la ocupación espectral en bandas específicas del espectro en forma continua.
- Implementar una plataforma web donde se integre una base de datos generada por el USRP 2920 con el fin de obtener reportes estadísticos al usuario.
- Realizar un análisis de resultados para verificar la operatividad del sistema desarrollado y entender la ocupación espectral en el entorno de la UIS.

### 5. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN (ANÁLISIS ESTRATÉGICO)

La gestión eficiente del espectro radioeléctrico es una necesidad creciente en el contexto actual de expansión de las telecomunicaciones y la tecnología inalámbrica. En Colombia, la Agencia Nacional del Espectro (ANE) ha desempeñado un papel crucial en la regulación y control del uso del espectro, aunque enfrenta desafíos significativos debido a la creciente demanda y la complejidad del monitoreo en tiempo real. La Universidad Industrial de Santander (UIS), con su compromiso hacia la innovación y la educación de calidad, se encuentra en una posición estratégica para contribuir a esta área mediante el desarrollo de una plataforma avanzada de monitoreo del espectro.

El espectro radioeléctrico es un recurso finito y vital para las telecomunicaciones modernas. En Colombia, la regulación y asignación de este recurso están bajo la jurisdicción de la ANE, cuya misión es garantizar un uso eficiente y equitativo del espectro. Sin embargo, la rápida expansión de los servicios inalámbricos ha puesto de manifiesto las limitaciones de los sistemas actuales de monitoreo, los cuales, aunque avanzados, no alcanzan a realizar un

monitoreo constante y en tiempo real en todo el territorio nacional. Estas limitaciones crean una oportunidad para que la UIS desarrolle una solución complementaria que no solo atienda a las necesidades académicas e investigativas, sino que también demuestre sus capacidades técnicas a entidades regulatorias.

La tecnología de Radio Definido por Software (SDR) representa una revolución en la forma en que se puede monitorear y gestionar el espectro radioeléctrico. A diferencia de los sistemas tradicionales, los SDR son altamente flexibles y capaces de adaptarse a diferentes frecuencias y protocolos mediante software, lo que los convierte en una herramienta ideal para el monitoreo dinámico y en tiempo real del espectro. Diversos casos de estudio y aplicaciones en instituciones académicas y centros de investigación globales han demostrado la efectividad de los SDR en la identificación y mitigación de interferencias y en el análisis detallado del espectro. Además, existen múltiples herramientas de software, tanto open source como comerciales, que pueden ser utilizadas y adaptadas para el desarrollo de la plataforma propuesta por la UIS.

La UIS cuenta con una infraestructura robusta y recursos significativos que pueden ser aprovechados para este proyecto. Los laboratorios de telecomunicaciones y los equipos disponibles, junto con el conocimiento y experiencia del personal académico e investigativo, proporcionan una base sólida para el desarrollo de la plataforma de monitoreo del espectro. Proyectos anteriores en la UIS relacionados con telecomunicaciones y espectro radioeléctrico han sentado precedentes importantes y han generado publicaciones académicas de relevancia, que sirven como referencia y punto de partida para el nuevo proyecto.

Los principales beneficiarios de la plataforma propuesta son los estudiantes y profesores de la UIS, así como los investigadores dedicados a las telecomunicaciones. Esta herramienta permitirá realizar prácticas pedagógicas avanzadas, fomentar la investigación aplicada y fortalecer la capacidad de la UIS para realizar monitoreos independientes del espectro. Además, aunque no directamente involucrada en el proyecto, la ANE y otras entidades podrían reconocer el valor añadido de esta plataforma, potencialmente abriendo puertas a futuras colaboraciones y mejoras en la gestión del espectro a nivel nacional.

La viabilidad del proyecto debe ser evaluada desde tres perspectivas: técnica, económica y temporal. Técnicamente, la infraestructura y los conocimientos existentes en la UIS son adecuados para el desarrollo de una plataforma de monitoreo basada en SDR. Económicamente, es crucial elaborar un presupuesto detallado y explorar fuentes de financiación, como fondos universitarios, subvenciones gubernamentales y posibles colaboraciones con la industria. Temporalmente, un cronograma realista que contemple todas las fases del proyecto, desde la planificación hasta la implementación y pruebas, es esencial para asegurar el éxito del proyecto.

El análisis estratégico de los estudios previos demuestra que la UIS está en una posición ideal para desarrollar una plataforma de monitoreo del espectro radioeléctrico que no solo satisfaga sus necesidades internas de investigación y educación, sino que también tenga el potencial de influir positivamente en la gestión del espectro a nivel nacional. Al considerar las regulaciones actuales, las tecnologías disponibles, el contexto académico y las necesidades de los actores clave, se puede formular un plan de acción estratégico y efectivo que convierta esta iniciativa en una realidad tangible y beneficiosa para todos los involucrados.



## 6. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN O METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto, se plantearon 6 fases en donde se realizarán diversas actividades orientadas para dar cumplimiento a los objetivos específicos y en concordancia con el objetivo principal del proyecto. A continuación, se presentan estas fases.

**Fase 1. Caracterización y obtención de información mediante GNU Radio:** En esta fase se realizará la caracterización de las antenas del laboratorio de comunicaciones ubicado en alta tensión de la UIS, con el fin de identificar el coeficiente de reflexión, la linealidad para la recepción continua de los diferentes niveles de señal y el ancho de banda, pues este debe ser lo suficiente amplio para realizar la capturar de información de la señal. Así mismo la configuración del USRP mediante GNU Radio para la implementación del código que permita la captura de bandas del espectro, teniendo en cuenta el procesamiento de señales digitales para el cálculo en la ocupación espectral.

**Fase 2. Diseño de base de datos y configuración del entorno de trabajo:** Con base en la información obtenida en la fase anterior, se procede a identificar la manera más optima de almacenamiento de información para la selección de la base de datos, en la cual se tenga en cuenta la estructura matricial o vectorial para facilitar su análisis. Y así realizar la configuración del entorno de trabajo mediante lenguaje de programación como Python, framework Flask.

**Fase 3. Desarrollo del servidor:** En esta fase se configura el servidor mediante Flask, en la cual se enlacen rutas de entrada y salida mediante la creación de EndPoints, los cuales permitan configurar el servidor mediante Flask que enlacen rutas de entrada y de salida mediante la creación de EndPoints, en las que se admita la solicitud de datos de tipo GET y POST. Además de elegir las librerías para la interacción con la base de datos y la implementación de una lógica para que la base de datos recibida coincida con la diseñada.

**Fase 4. Análisis de datos y generación de informes:** En esta fase se realizara un algoritmo que permita el análisis de la ocupación espectral en diferentes bandas de frecuencia, en el cual se haga uso de procesamiento de señales digitales, de esta forma identificar los picos de actividad, por otro lado el uso de librerías como numpy para el tratamiento de datos y matplotlib para la generación de tablas o graficas que permitan visualizar la ocupación espectral en diferentes intervalos de frecuencia con el fin de facilitar el procedimiento para la generación de informes estadísticos de forma personalizada para el usuario, como la fecha, banda de frecuencia, entre otros parámetros o aspectos importantes en el análisis.

**Fase 5. Implementación de la interfaz de usuario:** En esta fase se hace uso del software de diseño Figma para el diseño estético de la página web, mediante la creación de una interfaz de usuario llamativa (UI), en la cual se busca dar una experiencia agradable al usuario (UX), mediante fluidez, capacidad de respuesta y manejo de esta.

**Fase 6. Pruebas y documentación:** Durante esta etapa se llevarán a cabo diversas pruebas para evaluar el rendimiento y la funcionalidad de la plataforma web. Se realizarán pruebas de optimización para mejorar el rendimiento del servidor y se identificarán posibles errores para corregirlos. Además, se realizarán pruebas de usabilidad para evaluar la interfaz de usuario y garantizar una experiencia fluida para los usuarios. Paralelamente, se elaborará un manual de

uso detallado que servirá como guía para una implementación efectiva y un uso adecuado del sistema. Finalmente, se completará la documentación del código fuente y se entregará junto con el manual de uso para facilitar su utilización y posibles modificaciones futuras.

### Selección de dispositivos:

Para la ejecución de este proyecto se realizará uso del USRP2920 para la medición de la ocupación espectral y el analizador de espectro ROHDE &SCHWARZ HMS-X para poder caracterizar las antenas y ver el rango que tiene la misma.

### Entregables:

A continuación, se mencionan los entregables de este proyecto.

- Código fuente del servidor.
- Documentación Técnica.
- Informe de pruebas y funcionamiento.
- Manual de usuario.
- Tabulación de las encuestas realizadas a una pequeña comunidad en el manejo, análisis de información, entre otros de la página web implementada.
- Informes generados mediante el servidor de la ocupación espectral en las bandas.

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se muestra en la tabla 1 los plazos en meses correspondientes a cada uno de los indicadores que se piensan abordar durante la ejecución del Trabajo de Grado.

	Actividades	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
		S1	s2	s3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4

Fase 1	Desarrollar un código para configuración del SDR para la captura de espectro																		
	Caracterización de la antena																		
Fase 2	Análisis y planificación de base de datos																		
	Configuración del entorno de desarrollo																		
Fase 3	Desarrollo del servidor																		
Fase 4	Analisis de datos																		
	Implementación de informes																		
Fase 5	Diseño de interfaz																		
	Desarrollo de interfaz																		
	Integración de la interfaz																		
FASE 6	Realización de pruebas																		
	Realización de documentación																		
	Documentación y entregables																		

Tabla 1. Cronograma de actividades

## 8. RECURSOS Y PRESUPUESTO

### Recursos Humanos

Nombre y apellido	Título	Horas por semana	Valor hora	Número de semanas	TOTAL [\$] (Pesos colombianos)
	Formación básica				
Director y codirector					
Johan Leandro Téllez Garzón	Ingeniero	1	\$ 300.000	16	\$ 4.800.000
Omar Javier Tijaro Rojas	Ingeniero	1	\$ 300.000	16	\$ 4.800.000
Autores					
Diego Andres Ardila Ariza	Bachiller	20	\$ 10.000	16	\$ 3.200.000
SUBTOTAL					\$ 12.800.000

Tabla 2. Costos del recurso humano requerido para el desarrollo del proyecto

### Uso de equipos

CONCEPTO	CANTIDAD	TOTAL [\$] (Pesos colombianos)
Adquisición de equipo de computo	1	\$ 2.500.000

Acceso a internet (100MB)	1	\$ 250.000
USRP 2920 (NI) junto con accesorios antenas, cables, conectores y tarjetas adicionales	1	\$20.000,00
<b>SUBTOTAL</b>		\$ 22'750,000

*Tabla 3. Costos para la utilización de equipos necesarios para el desarrollo del proyecto*

### **Materiales e insumos**

<b>CONCEPTO</b>	<b>TOTAL [\$] (Pesos colombianos)</b>
Papelería y fotocopias	\$ 300.000
Transporte ida/regreso	\$ 200.000
Herramientas de ofimática (Word, Excel, Power Point, etc.)	\$ 800.000
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 1.300.000

*Tabla 4. Costos de materiales e insumos necesarios para el desarrollo del trabajo de grado*

### **Recursos bibliográficos:**

<b>CONCEPTO</b>	<b>TOTAL [\$] (Pesos colombianos)</b>
Recurso Bibliográfico (Normativas, Libros, etc.)	\$ 2.000.000
<b>SUBTOTAL</b>	\$ 2.000.000

*Tabla 5. Costos de recursos bibliográficos necesarios para el desarrollo del trabajo de grado*

### **Costos totales:**

<b>CONCEPTO</b>	<b>TOTAL [\$] (Pesos colombianos)</b>
Recursos humanos	\$ 12.800.000
Uso de equipos	\$ 22.750.000
Materiales e insumos	\$ 1.300.000
Recursos bibliográficos	\$ 2.000.000

<b>TOTAL</b>	\$ 38.850,000
--------------	---------------

*Tabla 6. Costo total necesario para el desarrollo del proyecto*

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Monitoreo del espectro radioeléctrico. (s. f.). Ane.  
[https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_V.pdf#search=radio%20fusion%20sonora](https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_V.pdf#search=radio%20fusion%20sonora)
- [2] Agencia Nacional del Espectro | Normatividad. (s. f.).  
<https://www.ane.gov.co/SitePages/normatividad/index.aspx?p=741>
- [3] MinTIC publica el Plan Técnico Nacional de Radiodifusión Sonora AM y FM. (s. f.). MINTIC Colombia. <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/77536:MinTIC-publica-el-Plan-Tecnico-Nacional-de-Radiodifusion-Sonora-AM-y-FM#:~:text=A%20trav%C3%A9s%20de%20esta%2C%20se%20adoptan%20medidas%20en,Nacional%20de%20Radiodifusi%C3%B3n%20Sonora%20en%20Frecuencia%20Modulada%20%28F.M.%29>