

**PROPUESTA TÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN DE COBERTURA DE LA  
RADIODIFUSIÓN SONORA EN LA EMISORA 94.9 FM RADIO UNIVERSIDAD  
DE PAMPLONA**

**ASTRID CAROLINA GALAN RODRIGUEZ**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

Pamplona, mayo de 2018

**PROPUESTA TÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN DE COBERTURA DE LA  
RADIODIFUSIÓN SONORA EN LA EMISORA 94.9 FM RADIO UNIVERSIDAD  
DE PAMPLONA**

**ASTRID CAROLINA GALAN RODRIGUEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**Director: EDWIN MAURICIO SEQUEDA ARENAS**  
Ingeniero Electrónico  
**ingmsequeda@unipamplona.edu.co**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
Pamplona, mayo de 2018**

Dedicatoria

*A mis Padres*

*“Soy lo que ustedes Reflejan”*

*“Zaray: sé que puedes y vas a ser más Grande”,*

*¡Esto va especialmente para mi más grande tesoro, el motor de mi vida!*

*A mi ángel que desde el cielo me cuida*

*Jesús Said*

*“Mi Príncipe Azul”*

***Astrid Carolina***

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios y la Virgen María Auxiliadora, por siempre mantener la “fe”.

A ustedes, Mami y Papi por TODO este Largo Tedioso y Extenso Camino ¿¡Qué Seria sin ustedes dos!?

A mis hijos, a mi hermano, les agradezco su apoyo, “Aunque sea moral”.

Agradezco a Todos quienes a lo largo de este proceso se vieron involucradas de forma directa e indirecta durante este proceso.

A los docentes del programa Ingeniería en telecomunicaciones por aportarme sus valiosos conocimientos a lo largo de mi proceso formativo, a mi director Edwin Mauricio Sequeda Arenas por todos los aportes y enseñanza, y a cada uno de los profesores que hicieron parte de mi formación.

*Gracias*

## TABLA DE CONTENIDO

1.	PRELIMINARES .....	15
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2	JUSTIFICACION.....	15
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo general .....	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3.	MARCO	TEÓRICO
	17	
3.1	EQUIPOS BÁSICOS USADOS PARA LA RADIO DIFUSIÓN SONORA .....	17
3.1.1	Transmisor .....	17
3.1.2	Línea de transmisión .....	17
3.1.3	Antena .....	18
3.1.4	Estructura para el soporte de la antena.....	18
3.1.5	Equipos de medición y control.....	18
3.1.6	Sistema de transmisión.....	18
3.2	Marco conceptual .....	18
3.2.1	Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre .....	18
3.2.2	Pérdidas por trayecto.....	19
3.2.3	MODELO LONGLEY – RICE.....	20
3.2.4	Recomendación UIT-R P.1546-4.....	20
3.2.5	Modulación de frecuencia FM:.....	21
3.3	Marco referencial.....	22
3.3.1	Estudio económico y técnico para el desmonte, traslado, ubicación y actualización del sistema radiante de la emisora en frecuencia modulada radio Universidad de Pamplona. ....	22
3.3.2	Creación de una emisora escolar en la Institución educativa Gonzalo Mejía Echeverri.....	22

3.3.3	Estudio técnico de la factibilidad de implementar una red de datos para el monitoreo remoto de los parámetros operativos de transmisores de radiodifusión FM utilizando la plataforma celular GSM/GPRS.....	22
3.3.4	Estudio de factibilidad para reubicación de frecuencias de enlaces microondas de las emisoras de radiodifusión para la delegación centro de la superintendencia de telecomunicaciones.....	22
3.3.5	Asesoría técnica para el mejoramiento y ampliación de una señal de radiofrecuencia.....	23
3.4	MARCO LEGAL .....	23
3.4.1	Ley 1341 de 2009.....	23
3.4.2	Plan técnico nacional de radiodifusión sonora en frecuencia modulada.....	23
3.4.3	Resolución número 001645 de 29 jul. 2005.....	25
3.4.4	Resolución número 00415 de 13 abr. 2010 Por la cual se expide el reglamento del servicio de radiodifusión sonora y se dictan otras Disposiciones ”.....	26
3.4.5	Servicio de Radiodifusión sonora de interés publico.....	26
4.	METODOLOGIA .....	27
4.1	ANALISIS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN .....	29
4.1.1	Trasmisor principal de frecuencia modulada SERATEL ST-504.1 .....	30
4.1.2	Generador de estéreo SERATEL ST-501.0 .....	31
4.1.3	Excitador de FM SERATEL ST-501.1 .....	32
4.1.4	Conductor de línea de trasmisión WAVE FLC 78-50J.....	32
4.1.5	Antena trasmisora RYMSA AT 12-200-4 .....	33
4.2	MEDICIONES SEGUN LA RESOLUCION 001645 .....	38
4.2.1	Ubicación del transmisor FM de radio 94.9 de la Universidad de Pamplona	39
4.2.2	Ubicación de las antenas receptoras fuera del perímetro de la Universidad..	39
4.2.3	Ubicación de las antenas receptoras dentro del perímetro de la Universidad	40
4.2.4	Ubicación de las antenas receptoras fuera del perímetro de la Universidad..	41
4.2.5	Obtención de datos con el analizador de espectro .....	41
4.2.6	Valores medidos en las muestras tomadas .....	44
4.3	CALCULOS .....	45
4.3.1	Pérdidas por espacio libre .....	45
4.3.2	Pérdidas por Trayecto .....	46
4.3.3	Pérdidas por Tierra Plana.....	47
4.3.4	Altura de la antena sobre el nivel del mar.....	49

4.3.5	Calculo de la potencia radiada aparente.....	50
4.4	DISEÑO .....	54
4.5	SIMULACIONES .....	58
4.5.1	Ubicación del transmisor de FM y receptores.....	58
4.5.2	Configuración de los parámetros a la red de radio difusión FM para el software radio Mobile.....	60
4.5.3	Configuración del sistema en la estación base para el software radio Mobile.....	60
4.5.4	Configuración del sistema receptor para el software radio Mobile .....	61
4.5.5	Asignación del sistema de unidades en el software radio Mobile .....	62
4.5.6	Análisis de la red mediante enlace de radio en radio Mobile .....	62
4.5.7	Análisis de cobertura mediante el modo polar simple .....	64
4.5.8	Datos obtenidos por simulación en el software Radio Mobile .....	66
4.6	SIMULACION XIRIO-ONLINE.....	66
4.6.1	Simulación de un sistema de radiodifusión FM.....	66
4.7	Elaboración de dos propuestas técnicas para la ampliación de cobertura de acuerdo con las normas de la radiodifusión sonora .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.7.1	Propuesta técnica N° 1 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.7.2	Propuesta técnica N° 2 .....	79
4.7.3	Radioenlace.....	86
5.	ANALISIS DE RESULTADOS .....	89
5.1	POTENCIA DEL NIVEL DE RECEPCIÓN DE LOS RESPECTIVOS PUNTOS	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.2	VALORACION DE LAS PROPUESTAS A NIVEL TECNICO .....	96
5.2.1	Fase 1. Adecuación .....	97
5.2.2	Fase 2. Sistema Eléctrico .....	97
5.2.3	Fase 3. Estructura .....	97
5.2.4	Fase 4. Montaje.....	97
5.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	98
5.3.1	Transmisor FM.....	98
5.3.2	Radioenlace .....	99
5.3.3	Balizas .....	101
5.3.4	Planos eléctricos.....	102
5.4	DIAGRAMA DE GANTT .....	103
5.5	PRESUPUESTO .....	103

6.....	B
BIBLIOGRAFIA .....	107
7.....	R
ECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	108
9.	
ANEXOS.....	
.....	106



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Permitividad y conductividad. ....	20
Tabla 2 Concesión dial de la radio difusión sonora en norte de Santander. ....	30
Tabla 3 Características de la antena RYMSA AT 12-200-4 con la que cuenta la estación de radio de la Universidad de Pamplona.....	34
Tabla 4 Características según el espectro radioeléctrico.....	39
Tabla 5 Ubicación del transmisor FM radio 94.9 FM de la Universidad de Pamplona.....	39
Tabla 6 Coordenadas de los receptores.....	40
Tabla 7 Radial y potencia del transmisor a 10 metros de distancia. ....	41
Tabla 8 Valores obtenidos para cada medición.....	44
Tabla 9 Distancia usada para los cálculos.....	45
Tabla 10 Datos calculados de las pérdidas por espacio libre. ....	46
Tabla 11 Potencia de recepción usada para los cálculos.....	46
Tabla 12 Datos calculados de las pérdidas por Trayecto. ....	47
Tabla 13 Distancia usada para los cálculos.....	48
Tabla 14 Datos calculados de las pérdidas por Tierra Plana.....	48
Tabla 15 Datos de los cálculos hechos.....	54
Tabla 16 Coordenadas geográficas de los puntos a nivel de Pamplona.....	55
Tabla 17 Datos obtenidos según simulación en radio Mobile a 800 w.....	66
Tabla 18 Datos arrojados por Xirio-Online. ....	73
Tabla 19 Datos en Radio Mobile con la altura de la antena ubicada a 20 metros con respecto al suelo y potencia de transmisión de 5000 w. ....	77
Tabla 20 Datos de potencia de recepción en los diferentes puntos por XIRIO online a 5000 w.....	79
Tabla 21 Coordenadas del transmisor FM según el estudio realizado por Falla. ....	80
Tabla 22 Datos de Radio Mobile con la torre a 20 metros 5000 w.....	83
Tabla 23 Datos de potencia de recepción en los diferentes puntos por XIRIO online a 5000 w.....	86
Tabla 24 Especificaciones técnicas de la antena yagui.....	87
Tabla 25 Comparación de datos de recepción medidos y simulados Tx a 800 w.....	90
Tabla 26 Comparación de resultados simulados de la 1 propuesta.....	92
Tabla 27 Comparación de resultados simulados de la 2 propuesta.....	93
Tabla 28 Comparación análisis de resultados. ....	94
Tabla 29 Características Transmisor FM.....	99
Tabla 30 Especificaciones técnicas.....	100
Tabla 31 Presupuesto de materiales.....	104
Tabla 32 Presupuesto interventoría.....	104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Equipos básicos usados en la radio difusión sonora.....	17
Figura 2 Elementos de un enlace inalámbrico .....	20
Figura 3 Señal moduladora .....	21
Figura 4 Señal portadora.....	21
Figura 5 Señal modulada.....	21
Figura 6 Categoría de accesibilidad 2 .....	25
Figura 7 Metodología.....	28
Figura 8 Trasmisor principal de frecuencia modulada SERATEL ST-504.1 usada en la estación de radio.....	31
Figura 9 Generador de estéreo SERATEL ST-501.0 usado en la estación de radio.....	31
Figura 10 Excitador de FM SERATEL ST-501.1 usado en la estación de radio.....	32
Figura 11 Conductor WAVE FLC 78-50J usado en la estación de radio. ....	33
Figura 12 Antena RYMSA AT 12-200-4 usada en la estación de radio.....	33
Figura 13 estado del gabinete.....	35
Figura 14 terminal sulfatada y estado de corrosión .....	35
Figura 15 Cableado eléctrico al descubierto .....	36
Figura 16 cuarto sin señalización.....	36
Figura 17 material que no corresponde al cuarto del transmisor .....	37
Figura 18 Torre transmisora dentro del perímetro publico .....	37
Figura 19 Georreferenciación de los puntos de las antenas receptoras.....	40
Figura 20 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al norte.....	42
Figura 21 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Sur. ....	42
Figura 22 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Este.....	43
Figura 23 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Oeste.....	44
Figura 24 Distribución de las antenas receptoras en Pamplona.....	55
Figura 25 Coordenadas y etiqueta del transmisor FM. ....	59
Figura 26 Ubicación de los receptores en radio Mobile. ....	59
Figura 27 Configuración de los parámetros de la red .....	60
Figura 28 Configuración del sistema 1 como estación base .....	61
Figura 29 Configuración del sistema 2 como receptor. ....	61
Figura 30 Asignación del sistema de unidades. ....	62
Figura 31 Vista de enlaces entre transmisor y receptor. ....	62
Figura 32 Análisis mediante enlace de radio. ....	63
Figura 33 Radioenlace exportado de radio Mobile en Google Earth.....	63
Figura 34 Nivel de observación que percibe la antena FM.....	64
Figura 35 Análisis mediante el modo polar simple.....	64
Figura 36 Cobertura del transmisor FM.....	65
Figura 37 Cobertura del transmisor FM en 3D altura 10 km radio 5km ubicación de los Rx a 800 w. ....	65
Figura 38 Creación del estudio .....	67

. Figura 39 Propiedades del transmisor .....	68
Figura 40 Propiedades de la antena Tx. ....	69
Figura 41 Propiedades de la antena Rx. ....	69
Figura 42 Especificaciones, método de cálculo de cobertura. ....	70
Figura 43 Área de cobertura.....	71
Figura 44 Área de cobertura calculada 800 w.....	71
Figura 45 Información del estudio 800 w. ....	72
Figura 46 Radiación del transmisor y nivel de recepción. ....	72
Figura 47 Vista de enlaces entre transmisor y receptor. ....	74
Figura 48 Análisis mediante enlace de radio. ....	74
Figura 49 Radioenlace exportado de radio Mobile en Google Earth.....	75
Figura 50 Análisis mediante el modo polar simple.....	75
Figura 51 Cobertura del transmisor FM.....	76
Figura 52 Cobertura del transmisor FM en 3D altura 10 km radio 5km ubicación de los Rx a 800 w. ....	76
Figura 53 Área de cobertura.....	77
Figura 54 Área de cobertura calculada 5000 w.....	78
Figura 55 Información del estudio 5000 w. ....	78
Figura 56 Radiación del transmisor y nivel de recepción. ....	79
Figura 57 Vista de enlaces entre transmisor y receptor. ....	80
Figura 58 Análisis mediante enlace de radio. ....	81
Figura 59 Radioenlace exportado de radio Mobile en Google Earth.....	81
Figura 60 Análisis mediante el modo polar simple.....	82
Figura 61 Cobertura del transmisor FM.....	82
Figura 62 Cobertura del transmisor FM en 3D altura 10 km radio 5km ubicación de los Rx a 5000 w. ....	83
Figura 63 Área de cobertura.....	84
Figura 64 Área de cobertura calculada 5000 w.....	84
Figura 65 Información del estudio 5000 w. ....	85
Figura 66 Radiación del transmisor y nivel de recepción. ....	85
Figura 67 Antena yagui.....	86
Figura 68 Datos Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación.....	87
Figura 69 Datos Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación.....	88
Figura 70 Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación .....	88
Figura 71 Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación visto en Google Earth .....	89
Figura 72 Diagnóstico inicial, valores medidos comparados con los simulados.....	91
Figura 73 Tabla comparativa de la primera propuesta entre radio Mobile y Xirio.....	92
Figura 74 Tabla comparativa de la segunda propuesta entre radio Mobile y Xirio.....	93
Figura 75 Análisis general de resultados. ....	96
Figura 76 Equipo Transmisor FM.....	98
Figura 77 Radioenlace de 300 MHz a 330 MHz FM.....	100
Figura 78 Baliza .....	101
Figura 79 Planos eléctricos .....	102

## **RESUMEN**

El presente documento muestra el diseño realizado para ampliar la cobertura de la radio Universidad de Pamplona, se inició con un estudio técnico y el análisis de cobertura del casco urbano.

Las mediciones y cálculos para determinar la potencia de radiación de la antena en el Municipio, se realizaron según la normativa del Plan técnico de radiodifusión sonora FM, la cual especifica los parámetros a tener en cuenta y el procedimiento para realizar el estudio.

Se realizaron simulaciones con el fin de determinar el mejor punto de cobertura para la estación radiante, empleando el programa Radio Mobile y Xirio-Online. Se analizaron los resultados de los cálculos matemáticos, con las mediciones efectuadas con el Analizador de espectro (Agilent E4401B) y la antena Fagor AN 02. Se compararon los resultados de las simulaciones en los puntos de recepción ubicados aleatoriamente en el casco urbano de la ciudad de Pamplona. Se realizó un análisis técnico determinando la mejor ubicación y efectuando el presupuesto técnico económico para la reubicación de la torre de telecomunicaciones y del transmisor.

## **ABSTRACT**

This document shows the design made to extend the coverage of the University of Pamplona radio, it began with a technical study and coverage analysis of the urban area.

The measurements and calculations to determine the radiation power of the antenna in the Municipality were made according to the regulations of the FM Sound Broadcasting Technical Plan, which specifies the parameters to be taken into account and the procedure to carry out the study.

Simulations were carried out in order to determine the best coverage point for the radiant station, using the Radio Mobile and Xirio-Online program. The results of the mathematical calculations were analyzed, with the measurements made with the spectrum analyzer (Agilent E4401B) and the antenna Fagor AN 02. The results of the simulations were compared at reception points located randomly in the urban area of the city of Pamplona. A technical analysis was carried out determining the best location and making the economic technical budget for the relocation of the telecommunications tower and the transmitter.

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente documento se muestra el proceso de diseño y medición de la potencia de transmisión de la emisora 94.9 FM radio Universidad de Pamplona.

En el primer y segundo capítulo se encuentran los preliminares, que incluyen el problema y la justificación, luego se aborda la delimitación donde se encuentran los objetivos generales y específicos.

En el tercer capítulo describe el marco teórico que consta de los equipos que hacen parte del sistema radiante, en el marco conceptual se encuentran las definiciones de los modelos de pérdidas, el marco referencial muestra los trabajos realizados a nivel internacional, nacional, departamental y local, y en el marco legal se visualiza la normativa establecida por el ministerio de las TIC

En el cuarto capítulo se presenta la metodología con la descripción del análisis, mediciones, diseño, cálculos y simulaciones del sistema radiante, para posteriormente realizar el análisis de resultados.

En el quinto capítulo se encuentra el análisis de resultados de dos propuestas, y se concluye con las características técnicas - económicas de la propuesta seleccionada.

## **1. PRELIMINARES**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Una de las problemáticas que se presenta en la estación de radio Universidad de Pamplona 94.9, está asociada a la falta de mantenimiento de los equipos que permiten la radiodifusión.

La emisora está funcionando desde el año de 1999 y desde la época el mantenimiento ha sido insipiente, donde solo se ha recurrido a reemplazar los elementos que han fallado en su totalidad, trabajando diariamente desde las 6:00 am hasta las 8:00 pm con una totalidad de 14 horas diarias operando con una potencia de transmisión de 900 watts. Causando deterioro a los componentes.

Recientemente se hizo un levantamiento de información del estado actual del sistema de transmisión y los hallazgos fueron:

- Mal estado por corrosión
- Terminales eléctricas sulfatadas.
- Ventilador con exceso de ruido, y fallas en su funcionamiento.
- El transmisor opera bajo condiciones eléctricas no reguladas.
- La antena no cumple con las especificaciones técnicas adscritas por el Min tic (Comunicaciones, 2015).

### **1.2 JUSTIFICACION**

En el año 2012 el estudiante Javier Falla plantea el estudio técnico para la reubicación del sistema de transmisión teniendo en cuenta los criterios establecidos para la radiodifusión por el ministerio de las tecnologías TIC'S (Comunicaciones, 2015), basándose en las necesidades de mejorar la cobertura dentro del municipio de Pamplona, este proyecto que tenía como fin desmontar y montar el sistema de transmisión el cual no se pudo implementar debido a la falta de recursos económicos por parte de la universidad de Pamplona. La elaboración y adopción de la presente propuesta, tendrá como propósito ampliar la cobertura y prolongar significativamente la vida útil de los componentes, donde empleará y aplicará los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera, específicamente en las áreas de Radiocomunicaciones, Antenas y Radio propagación, Líneas y Medios de Transmisión y Sistemas de Telecomunicaciones.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta para la ampliación de cobertura, realizando un estudio técnico de la radiodifusión sonora en la emisora 94.9 FM radio Universidad de Pamplona.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico del actual sistema de transmisión de la estación de radio 94.9 FM de la Universidad de Pamplona.
- Comparar los resultados de las mediciones obtenidas en campo con los valores simulados.
- Elaborar dos propuestas técnicas para la ampliación de cobertura de acuerdo con las normas de la radiodifusión sonora.



### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 EQUIPOS BÁSICOS USADOS PARA LA RADIO DIFUSIÓN SONORA

Para la radio difusión sonora se deben tener ciertos equipos los cuales son usados en diversas radios estaciones tal y como se muestra en la figura 1.

Figura 1 Equipos básicos usados en la radio difusión sonora



Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/Free-Shipping-FU-150W-150W-FM-Radio-ransmitter-audio-Broadcasting-FM-stadio/32707074955.html?spm=a219c.search0305.4.48.xBO4q7>

De acuerdo con el Ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones en el documento Plan Técnico Nacional de Radiodifusión Sonora (SONORA 2017), se relacionan los siguientes conceptos:

##### 3.1.1 Transmisor

El diseño del equipo transmisor debe ajustarse a los parámetros técnicos establecidos en este plan y a las características de operación autorizadas a la estación de radiodifusión sonora.

El transmisor debe contar con los instrumentos de medición indispensables para comprobar sus parámetros de operación. Igualmente, deberá estar provisto de un control automático de frecuencia, que garantice el funcionamiento de la estación en la frecuencia asignada, dentro del margen de tolerancia establecido (SONORA 2017)

##### 3.1.2 Línea de transmisión

La línea de transmisión que se utilice para alimentar la antena debe ser cable coaxial, cuya impedancia característica permita un acoplamiento adecuado entre transmisor y antena, con el fin de minimizar las pérdidas de potencia. (SONORA 2017)

### 3.1.3 Antena

La antena que se utilice podrá ser de polarización horizontal, circular o elíptica. En este último caso la potencia de la componente vertical de la p.r.a., no debe exceder la p.r.a. de la componente horizontal, y en ningún caso las componentes vertical u horizontal podrán exceder la potencia autorizada. (SONORA 2017).

### 3.1.4 Estructura para el soporte de la antena

La construcción e instalación de la torre destinada al soporte de la antena queda sujeta al cumplimiento de los reglamentos y normas de construcción y de seguridad que rijan los organismos competentes.

En cuanto a la seguridad de la navegación aérea, se deberá acreditar el concepto favorable de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (U .A. E. A. C), en relación con la ubicación, la altura máxima, la iluminación y la señalización de la estructura (torre o mástil) que soportará la antena (SONORA 2017).

### 3.1.5 Equipos de medición y control

Toda estación de radiodifusión sonora en ondas métricas deberá tener los siguientes equipos:

- Un monitor de modulación F.M.
- Un monitor de frecuencia o contador digital.

### 3.1.6 Sistema de transmisión

Las estaciones de radiodifusión sonora en frecuencia modulada (F.M.) deberán ubicar el sistema de transmisión fuera del perímetro urbano del municipio o distrito para el cual se otorga la concesión del servicio, pero dentro de su delimitación geográfica, en el lugar donde no se sobrepase la máxima altura permitida para el centro de radiación de la antena. Además, el 100% del área urbana del municipio o distrito respectivo, deberá estar dentro del área de servicio de la estación, excepto para las estaciones clase D, cuyo cubrimiento está determinado por las condiciones de operación que determine el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones(SONORA 2017).

## 3.2 MARCO CONCEPTUAL

### 3.2.1 Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre

Se define a las pérdidas en la trayectoria en espacio libre (a veces llamadas pérdidas dispersión) como la pérdida incurrida por una onda electromagnética en línea recta a través del vacío, sin energías de absorción o reflexión debidas a objetos cercanos. Las pérdidas en la trayectoria en espacio libre dependen de la frecuencia, y aumentan con la distancia. La

ecuación para determinar estas pérdidas es la siguiente (Simon R. Saunders and Zavala 2007):

**Ec. 1 Pérdidas de trayectoria en espacio libre**

$$L_f = \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi f D}{c}\right)^2$$

Donde:

L<sub>f</sub>= pérdida en la trayectoria por el espacio libre (adimensional)

D= Distancia (Kilómetros)

f= frecuencia (Hertz)

λ= Longitud de onda (metros)

c= Velocidad de la luz en el espacio libre

Al pasar a dB las pérdidas quedarían:

**Ec. 2 Pérdidas de trayectoria en espacio libre en dB**

$$L_f(\text{db}) = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f(\text{MHZ}) + 20 \log D(\text{Km})$$

**Ec. 3 Pérdidas de trayectoria en espacio libre en dB**

$$L_f(\text{db}) = 32.4 + 20 \log f(\text{MHZ}) + 20 \log R(\text{Km})$$

**3.2.2 Pérdidas por trayecto**

Se define como la relación entre la potencia transmitida y la potencia recibida, generalmente expresada en decibelios. Incluye todos los posibles elementos de pérdida asociados con las interacciones entre la onda de propagación y cualquier objeto entre las antenas de transmisión y de recepción. En el caso de canales con grandes cantidades de desvanecimiento rápido, como los canales móviles, la pérdida de trayecto se aplica a la potencia promediada durante varios ciclos de desvanecimiento. Esta ruta es difícil de medir ya que también se deben tener en cuenta varias pérdidas y ganancias en el sistema de radio. La mejor manera de justificar esto es construir un presupuesto de enlace. Para definir la pérdida de ruta correctamente, las pérdidas y ganancias en el sistema deben ser consideradas.

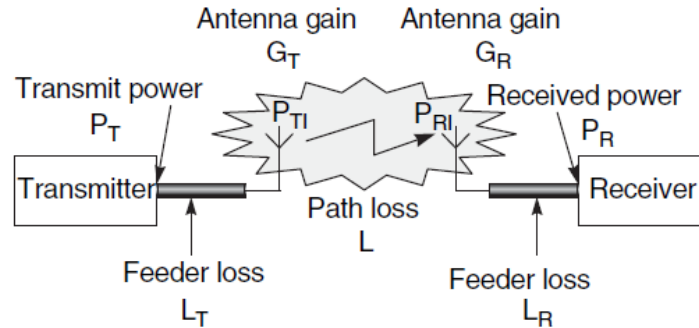
La potencia que aparece en los terminales de entrada del receptor, P<sub>R</sub>, se puede expresar como (Simon R. Saunders and Zavala 2007):

**Ec. 4 Pérdidas por trayecto**

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R}{L_T L_{TR}}$$

Donde los parámetros están definidos en la figura 2 con todas las ganancias G y pérdidas L expresadas como razones de potencias y potencias expresadas en vatios. Las ganancias de la antena se expresan con referencia a una antena isotrópica, que irradia la potencia suministrada por igual en todas las direcciones.

Figura 2 Elementos de un enlace inalámbrico



Fuente: Antenas y radio propagación Simón R Saunders (Simón R. Saunders and Zavala 2007)

Donde la formula queda expresada de la siguiente manera:

Ec. 5 Pérdidas trayectoria

$$L(db) = P_{T(dBw)} + G_{T(dBi)} + G_{R(dBi)} - L_{T(db)} - L_{R(db)} - P_{R(dBw)}$$

### 3.2.3 MODELO LONGLEY – RICE

El modelo Longley-Rice predice la propagación a larga-media distancia sobre terreno irregular. Fue diseñado para frecuencias entre los 20MHz y 40GHz, para longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km. (Longley and Rice 1968)

Tabla 1 Permitividad y conductividad.

	PERMITIVIDAD	CONDUCTIVIDAD
Tierra media	15	0.005
Tierra pobre	4	0.001
Tierra rica	25	0.020
Agua fresca	81	0.010
Agua mar	81	5.000

Fuente: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6989/Anexo%2016.pdf>

### 3.2.4 Recomendación UIT-R P.1546-4

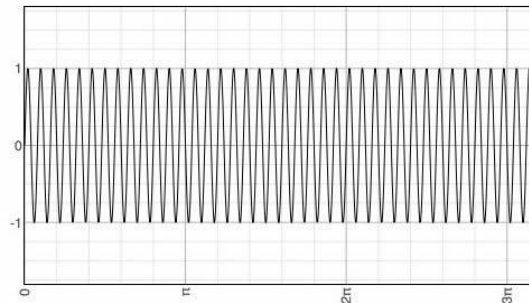
3.2.4.1 Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz

### 3.2.5 Modulación de frecuencia FM:

Este es un caso de modulación donde tanto las señales de transmisión como las señales de datos son analógicas y es un tipo de modulación exponencial.

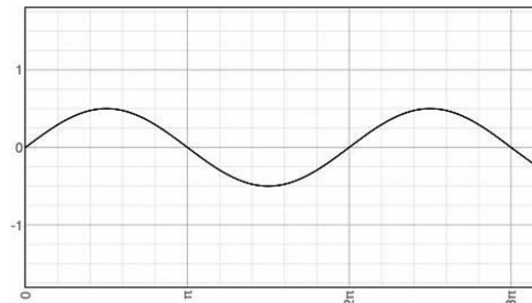
En este caso la señal modulada mantendrá fija su amplitud y el parámetro de la señal portadora que variará es la frecuencia, y lo hace de acuerdo a como varíe la amplitud de la señal moduladora (CARLSON n.d.)

**Figura 3 Señal moduladora**



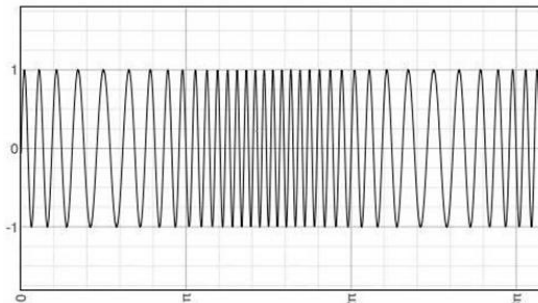
Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/Free-Shipping-FU-150W-150W-FM-Radio-ransmitter-audio-Broadcasting-FM-stadio/32707074955.html?spm=a219c.search0305.4.48.xBO4q7>

**Figura 4 Señal portadora**



Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/Free-Shipping-FU-150W-150W-FM-Radio-ransmitter-audio-Broadcasting-FM-stadio/32707074955.html?spm=a219c.search0305.4.48.xBO4q7>

**Figura 5 Señal modulada**



Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/Free-Shipping-FU-150W-150W-FM-Radio-ransmitter-audio-Broadcasting-FM-stadio/32707074955.html?spm=a219c.search0305.4.48.xBO4q7>

### **3.3 MARCO REFERENCIAL**

A continuación, se encuentran relacionados algunos de los proyectos ejecutados en el área:

- 3.3.1 Estudio económico y técnico para el desmonte, traslado, ubicación y actualización del sistema radiante de la emisora en frecuencia modulada radio Universidad de Pamplona.

En este trabajo se muestra un estudio técnico, para la reubicación del sistema de transmisión, utilizado por la emisora en frecuencia modulada de la Universidad de Pamplona, teniendo en cuenta los criterios establecidos para la radio difusión por el ministerio de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC'S), para la renovación de la licencia de funcionamiento. Adicionalmente, se analizan los equipos empleados para la emisión y transmisión de la información, como también se realiza el cálculo de los parámetros técnicos, necesarios para establecer el radio enlace entre los estudios de grabación y el sistema radiante de la emisora en frecuencia modulada, Radio Universidad de Pamplona, ubicado en los predios donde está la piscina de la Universidad (J. FALLA 2012).

- 3.3.2 Creación de una emisora escolar en la Institución educativa Gonzalo Mejía Echeverri.

El propósito de este trabajo se inscribe en el interés de implementar una propuesta de comunicación alternativa mediada por la radio en la institución educativa Gonzalo Mejía Echeverri que pretende ver la educación y la comunicación como campos relacionados, apuntando hacia una articulación de los mismos. Trabajo desarrollado en la ciudad de Pereira.(Adriana Cano 2010).

- 3.3.3 Estudio técnico de la factibilidad de implementar una red de datos para el monitoreo remoto de los parámetros operativos de transmisores de radiodifusión FM utilizando la plataforma celular GSM/GPRS.

En el presente trabajo se efectúa un estudio técnico de la factibilidad de implementar una red de datos para el monitoreo remoto de los parámetros operativos de transmisores de estaciones de radiodifusión FM utilizando la plataforma celular GSM/GPRS, para lo cual se considera como caso de estudio el sistema de radiodifusión denominado STEREO ZARACAY (100.5 MHz), matriz de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados y sus repetidoras en la Universidad de Manizales. (Sánchez 2011)

- 3.3.4 Estudio de factibilidad para reubicación de frecuencias de enlaces microondas de las emisoras de radiodifusión para la delegación centro de la superintendencia de telecomunicaciones.

El presente trabajo de investigación muestra la funcionalidad y ventajas que se obtendría al tener un plan de reorganización de frecuencia de los enlaces microondas de las emisoras de radiodifusión en el cual se tenga rangos definidos para transmisión y recepción dentro de las bandas asignadas para las telecomunicaciones. Desarrollado en Ambato Ecuador (BOMBÓN 2007)

- 3.3.5 Asesoría técnica para el mejoramiento y ampliación de una señal de radiofrecuencia  
La propuesta de colocar una repetidora, para Radio Universidad, también involucra lo relacionado con el arrendamiento del lugar seleccionado, una caseta dónde resguardar el equipo, la instalación eléctrica del equipo, sistema de conexión de tierra, torre de transmisión, esto traducido en costos, entre otros para Guatemala. (Vega 2010)

## **3.4 MARCO LEGAL**

### **3.4.1 Ley 1341 de 2009**

Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones - tic-, se crea la agencia nacional de espectro y se dictan otras disposiciones.

#### **3.4.1.1 Artículo 12.- plazo y renovación de los permisos para el uso del espectro radioeléctrico**

El permiso para el uso del espectro radioeléctrico tendrá un plazo definido inicial hasta de diez (10) años, el cual podrá renovarse a solicitud de parte por períodos iguales al plazo inicial. Por razones de interés público, o cuando resulte indispensable el reordenamiento nacional del espectro radioeléctrico, o para dar cumplimiento a las atribuciones y disposiciones internacionales de frecuencias, el plazo de renovación podrá ser inferior al plazo inicial.

### **3.4.2 Plan técnico nacional de radiodifusión sonora en frecuencia modulada**

El espectro radioeléctrico atribuido a la radiodifusión sonora es un recurso natural limitado, que debe administrarse eficientemente. Para tal propósito es necesario contar con una adecuada planificación de dicho recurso y con normas que regulen su utilización, así como también, con los mecanismos de control y supervisión que garanticen la operación de las estaciones, sin causar o recibir interferencias objetables.

#### **3.4.2.1 Objeto y campo de aplicación**

El Plan Técnico Nacional de Frecuencias para la Radiodifusión sonora en Frecuencia modulada F.M., tiene como objetivo establecer el marco técnico que permita la adjudicación del mayor número de canales radioeléctricos posibles a los diferentes

municipios y distritos del país, libres de interferencias objetables, de tal forma que se facilite la asignación de dichos canales y se racionalice el uso de este recurso, de conformidad con los lineamientos del Reglamento de Radiocomunicaciones y las Recomendaciones de la U. I. T.- R.

#### 3.4.2.2 Parámetros técnicos para la radiodifusión sonora en ondas métricas

Los parámetros técnicos y las reglas que se establecen en este Plan Técnico son fundamentales para el desarrollo e implantación del Plan Técnico de Radiodifusión Sonora en Ondas Métricas, así como, para garantizar la operación de las estaciones de radiodifusión sonora libres de interferencias objetables. Dichos parámetros son de estricto cumplimiento por parte de los concesionarios.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones podrá revisar o modificar este Plan Técnico cuando lo determine conveniente.

#### 3.4.2.3 Emisora de interés público

Cuando la programación se orienta principalmente a elevar el nivel educativo y cultural de los habitantes del territorio colombiano y a difundir los valores cívicos de la comunidad. Ver: Decretos 1445; 1446 y 1446 de 1995.

#### 3.4.2.4 Espectro radioeléctrico

La definición precisa del espectro radioeléctrico, tal y como la ha definido la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo especializado de las Naciones Unidas con sede en Ginebra (Suiza) es: "Las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión y servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos." Este "(...) no es un concepto estático, pues a medida que avanza la tecnología se aumentan (o disminuyen) rangos de frecuencia utilizados en comunicaciones, y corresponde al estado de avance tecnológico.

#### 3.4.2.5 Radiodifusión FM

Radiodifusión FM o Radiodifusión en Frecuencia Modulada: Cuando la portadora principal se modula en frecuencia o en fase para la emisión de la señal.

#### 3.4.2.6 Estación clase c

Aquella que de conformidad con los parámetros técnicos establecidos en este plan está destinada principalmente a cubrir el municipio o distrito para el cual se otorga la concesión, sin perjuicio que la señal pueda ser captada en las áreas rurales y centros poblados de otros municipios o distritos y que está protegida, por lo tanto, contra interferencias objetables. Superior a 250 W y máximo 5 kW de p. r. a., en la dirección de máxima ganancia de la antena.



#### 3.4.2.7 Servicio de radiodifusión sonora en FM

Servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general.

El servicio de radiodifusión sonora en ondas métricas es el que se presta haciendo uso de las bandas de frecuencias comprendida entre 88 MHz y 108 MHz.

#### 3.4.2.8 Mecanismos internos de prevención adoptados

Teniendo en cuenta que el Ministerio TIC, realiza visitas periódicas a los concesionarios, es obligación de la emisora mantenerse al día en todos los aspectos administrativos y técnicos que establece la ley, por tanto como mecanismos de control se han adoptado medidas internas para hacerle un seguimiento al funcionamiento de los estudios y sistema de transmisión ubicados en el corregimiento de Pueblo Nuevo: Registro de seguimientos parámetros técnicos: Con este formato se realizará seguimiento a través de la observación de la frecuencia de operación y la frecuencia de enlace en los estudios de la emisora semanalmente.

#### 3.4.3 Resolución número 001645 de 29 jul. 2005

La presente Resolución, tiene por objeto reglamentar los Artículos 2, 3, 5, 15 y 17 del Decreto 195 de 2005, en cuanto a la definición de las Fuentes Inherentemente conformes, el Formato de Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica, el procedimiento de ayuda para definir el porcentaje de mitigación en el caso de la superación de los límites máximos de exposición, la metodología de medición para evaluar la conformidad de las Estaciones radioeléctricas y los parámetros para las fuentes radiantes con frecuencias menores a 300 MHz.

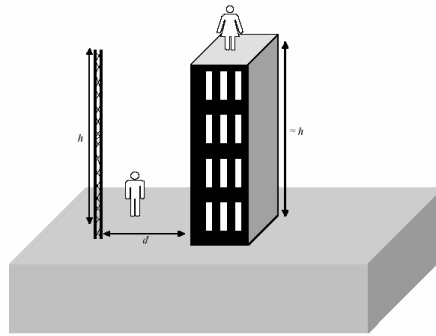
##### 3.4.3.1 Modelos de categorías de accesibilidad.

Se adoptan por la presente Resolución los modelos de categorías de accesibilidad, en concordancia con la Recomendación de Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-T K.52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos":

- CATEGORÍA DE ACCESIBILIDAD 2:

Cuando la antena se encuentra instalada al nivel del suelo, el centro de radiación está a una altura  $h$  sobre el nivel del suelo y exista un edificio adyacente o una estructura accesible al público en general, a una distancia  $d$ , de la antena. La siguiente figura muestra un ejemplo de esta categoría:

**Figura 6 Categoría de accesibilidad 2**



Fuente: Resolución 001645/2005

### 3.4.4 Resolución número 00415 de 13 abr. 2010 Por la cual se expide el reglamento del servicio de radiodifusión sonora y se dictan otras Disposiciones ”

La presente resolución tiene por objeto expedir el Reglamento del Servicio de Radiodifusión Sonora que desarrolla los alcances, objetivos, fines y principios de dicho servicio público; las condiciones para su prestación; los derechos y obligaciones de los proveedores; los criterios para la organización, encadenamiento y concesión del servicio, así como su clasificación y las condiciones de cubrimiento del mismo.

#### 3.4.4.1 Artículo 2°. Términos y definiciones.

Para los efectos de la presente resolución se adoptan los términos y definiciones que en materia de telecomunicaciones ha expedido la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, a través de sus organismos reguladores, las de los Planes Técnicos Nacionales de Radiodifusión Sonora en Amplitud Modulada (A. M.) y Frecuencia Modulada (F. M.) adoptados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

### 3.4.5 Servicio de Radiodifusión sonora de interés publico

El propósito es satisfacer las necesidades de comunicación del Estado con los ciudadanos y comunidades en el área geográfica objeto de cubrimiento.

#### 3.4.5.1 Tipos de emisoras de interés público

- Emisoras de la Radio Pública nacional de Colombia.
- Emisoras de la Fuerza Pública.
- Emisoras Territoriales.
- Emisoras Educativas.
- Emisoras Educativas Universitarias.
- Emisoras para atención y prevención de desastres.

#### 3.4.5.2 Procedimiento para obtener la concesión

Conforme con el artículo 68 de la resolución 415 del 2010, las solicitudes para la instalación y operación de la estación del servicio de Radiodifusión Sonora de Interés Público, deberán ser presentadas al Ministerio de Tecnologías de la información y la Comunicaciones, por conducto del representante legal de la entidad Pública y la solicitud debe contener:

- I. La debe presentar una entidad pública, salvo cuando se trate de emisoras educativas universitarias
- II. El documento lo acredite la representante legal de la entidad
- III. El certificado de disponibilidad y registro presupuestal en los términos del estatuto orgánico del presupuesto y sus derechos reglamentarios en donde conste:
  - a. El financiamiento y el montaje de la estación
  - b. Los recursos para la cancelación de los derechos de concesión y las contraprestaciones por el uso del espectro radioeléctrico, para el primer año
- IV. Si usted ya cuenta con la infraestructura para la operación de la emisora se deben presentar los documentos que acrediten la propiedad o tendencia de los equipos y las facilidades para el montaje y la puesta de la emisora

#### **4. METODOLOGIA**

Para la realización del estudio técnico de la emisora radio Universidad de Pamplona, se llevó a cabo un análisis del estado actual del sistema. Se efectuó una entrevista con el personal encargado de la emisora, para la posterior inspección y caracterización de los equipos que hacen parte de la transmisión, obteniéndose un registro fotográfico con cada uno de los componentes del sistema radiante.

En el proceso de diagnóstico, se realizaron una serie de mediciones, registrando los niveles de recepción de la señal a través del analizador de espectro.

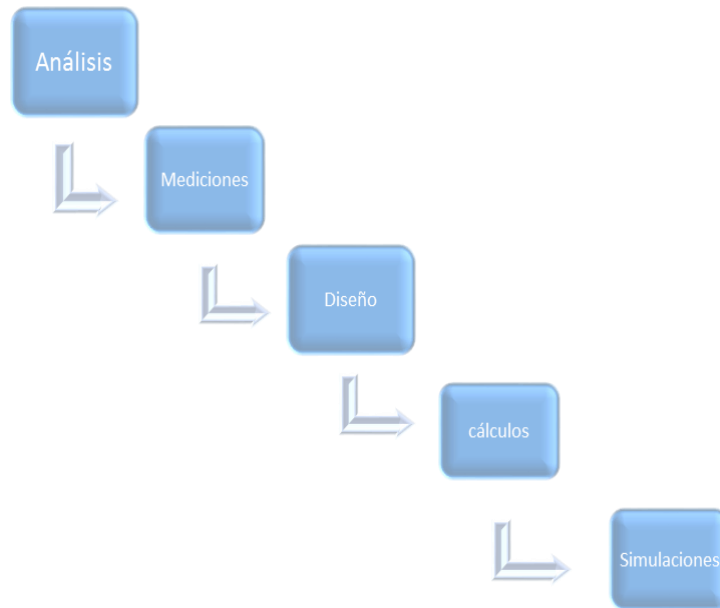
Las mediciones fueron realizadas, teniendo en cuenta la normativa de la resolución 001645 y la norma k52, registrando los datos en el formato propuesto. Las mediciones se realizaron de la siguiente manera:

- Ubicación del punto de medición por medio del GPS.
- Verificación del correcto funcionamiento de los equipos y elementos.
- Ubicación de la antena de medición aproximadamente a 2 metros sobre el nivel del terreno y en dirección al transmisor.
- Registro del espectro radioeléctrico por un tiempo de 6 minutos en el rango de frecuencia.

Se realizaron una serie de cálculos, estimando las pérdidas por espacio libre, perdidas por trayecto y el modelo de tierra plana. A continuación, se procedió a realizar el diseño y las simulaciones, de acuerdo a los puntos geográficos referenciados. Los programas empleados para la simulación fueron: Radio Mobile, Xirio-Online y Google Earth, determinando la cobertura actual del sistema radiante.

Se compararon los valores obtenidos en la medición, cálculos y simulación con el objetivo de validar los datos. Se evaluaron las propuestas para determinar la viabilidad de cada una de ellas.

**Figura 7 Metodología**



Fuente: Autor

#### Actividades según la fase

##### Análisis

- Caracterización del estado actual de los equipos de transmisión de la emisora.
- Entrevista con el personal encargado
- Registro fotográfico del estado actual
- Resultado de análisis

##### Mediciones

- Establecer procedimiento para la toma de mediciones de acuerdo a la norma 1645 de 2005 por el Ministerio de comunicaciones.
- Préstamo de equipos y antenas por parte del laboratorio.
- Trabajo de campo
- Elaboración de cuadro de mediciones
- Resultado de análisis

## Diseño

- Definición de criterios de diseño para el sistema transmisor.
- Definición de las dos propuestas, basadas en los parámetros iniciales.
- Georreferenciación de los puntos de las antenas receptoras.

## Cálculos

- Estimación de las pérdidas de acuerdo a los modelos:
- Pérdidas de espacio libre
- Pérdidas por trayecto
- Pérdidas por tierra plana
- Tabla comparativa de resultados

## Simulaciones

- Para el proceso de simulaciones se hace necesario utilizar los softwares Radio Mobile, Xirio Online y Google Earth para la obtención de la cobertura.
- Simulación de la red actual.
- Simulación de la primera propuesta, ampliación de cobertura.
- Simulación de la segunda propuesta, traslado del sistema de transmisión.
- Elaboración de cuadros comparativos con resultados

### **4.1 ANALISIS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN ACTUAL**

Se realizó una inspección del estado actual del cuarto de operación de los equipos de transmisión. Como propósito, se quieren dar a conocer las falencias tanto técnicas como de activos disponible en la 94.9 FM radio Universidad de Pamplona.

De dicha inspección se tiene que:

- Los equipos Trasmisor principal de frecuencia modulada SERATEL ST-504.1, Generador de estéreo SERATEL ST-501.0, excitador de FM SERATEL ST-501.1 se encuentran en un gabinete tipo rack ver Figura 13.
- Presentan sonidos que no hacen parte del funcionamiento propio del equipo.
- Los terminales de conexión se encuentran sulfatadas ver Figura 14.
- Hay polvo y suciedad por los ventanales en la parte superior que permanecen abiertos.
- El cableado eléctrico se encuentra al descubierto no cuenta con la respectiva tapa ver Figura 15.
- No se encuentra una señalización pertinente ver Figura 16.
- Se encontraron equipos y materiales que no corresponden al uso de dicho cuarto ver Figura 17.
- El aspecto de los conductores de transmisión eléctrico y de comunicación se ven deteriorados debido a factores ambientales.

- La estructura de la antena no cuenta con el cerramiento estipulado por la norma
- La baliza no está en funcionamiento ver Figura 12.
- La estructura de la antena presenta corrosión y oxido debido a los factores ambientales y a su tiempo de uso ver Figura 14.
- La antena está dentro del perímetro accesible al público ver Figura 18.
- Existen tres dipolos almacenados junto a un rollo de cable que están sin ningún tipo de uso.

Asignación de frecuencia y potencia a la emisora de la Universidad de Pamplona por parte del ministerio.

Tabla 2 Concesión dial de la radio difusión sonora en norte de Santander.

NORTE DE SANTANDER							
CLASE DE ESTACIÓN	MUNICIPIO	FRECUENCIA (MHz)	POTENCIA (kW)	h (m)	ESTADO DEL CANAL	FRECUENCIA DE ENLACE (MHz)	DISTINTIVO
C	GRAMALOTE	89,2	1	75	PROYECTADO	308,7	HJO43
C	HACARÍ	105,7	1	75	PROYECTADO	308,7	HJO44
C	HERRÁN	106,7	1	45	PROYECTADO	307,9	HJO45
C	LA PLAYA DE BELÉN	91,7	1	45	PROYECTADO	302,3	HJO46
C	LABATECA	103,7	1	45	PROYECTADO	301,9	HJO47
C	LOS PATIOS	102,7	5	350	ASIGNADO	302,3	HJZT
C	LOURDES	100,2	1	75	PROYECTADO	305,5	HJO48
C	MUTISCUA	93,2	1	45	PROYECTADO	307,1	HJO49
C	OCAÑA	95,2	5	220	ASIGNADO**	307,1	HJO50
C	OCAÑA	101,2	0,3	75	PROYECTADO**	320,7	HJA33
C	OCAÑA	103,7	2	1200	PROYECTADO**	322,7	HJC51
C	OCAÑA	100,3	5	472	ASIGNADO	312,7	HJWI
C	OCAÑA	102,1	5	150	PROYECTADO**	323,5	HJA81
C	PAMPLONA	90,7	5	90	PROYECTADO	302,7	HJO51
C	PAMPLONA	94,9	5	90	ASIGNADO**	309,1	HJF89
C	PAMPLONA	97,9	5	100	ASIGNADO**	L.F.	HJXO
C	PAMPLONITA	101,2	1	79	PROYECTADO	303,1	HJO52

Fuente: <http://mintic.gov.co/portal/604/w3-article-8647.html>

A continuación, se relacionan los equipos del sistema de transmisión actual en la radio difusión sonora de la Universidad de Pamplona, el registro fotográfico y las especificaciones técnicas.

#### 4.1.1 Trasmisor principal de frecuencia modulada SERATEL ST-504.1

El transmisor de FM con el que cuenta actualmente la emisora tiene una potencia de 1 KW, en este se observaron desgastes debido a su uso permanente durante muchos años.

**Figura 8** Trasmisor principal de frecuencia modulada SERATEL ST-504.1 usada en la estación de radio.



Fuente: Autor

- Alimentación: 220 vca. Monofásica, -10% +30%.
- Rendimiento total: > 75%.
- Potencia de salida: Ajustable 500W a 2KW (2KW) y 250W a 1KW (1KW).
- Rango de frecuencia: Total Banda Ancha de 87,5 a 108 MHz.
- Impedancia de salida: 50 Ohm.
- Conector de salida: 7/16" Hembra.
- Ruido de am: < 45 dB.
- Emisión de espurias: Cumple normas CCIR y FCC < 1 W.
- Potencia de excitación: 30W Max. (2KW) y 20W Max (1KW).
- Características de audio: Las relativas al excitador.
- Rango de temperatura: 0° a 50°c.
- Humedad relativa: 90%.
- Altitud: 4.500 Mts.
- Alto: 30 Uds.-150 cm. (2 KW). 24 Uds.-120 cm. (1KW) de Rack 19".
- Ancho: Rack de 19" (60 cm.).

#### 4.1.2 Generador de estéreo SERATEL ST-501.0

Al igual que el transmisor el generador se encuentra en el mismo estado de corrosión las conexiones se encuentran sulfatadas debido a su uso.

**Figura 9** Generador de estéreo SERATEL ST-501.0 usado en la estación de radio.



Fuente: Autor

- Selección digital de frecuencia en panel frontal desde 87,5 a 108 MHz, con saltos de 100KHz.
- Menú de selección con pantalla LCD.
- Control por microprocesador
- Circuito de foldback y control automático de ganancia.
- Clave de acceso para cambio de frecuencia.
- 10 frecuencias memorizadas, lo hace ideal para sistemas N+1.
- Alta calidad de audio.
- Baja distorsión y alta señal a ruido S/N.
- Potencia de salida 50w(regulables)
- Tres entradas de subportadora.

#### 4.1.3 Excitador de FM SERATEL ST-501.1

El excitador esta junto con el generador y el transmisor, presenta las mismas condiciones físicas.

**Figura 10 Excitador de FM SERATEL ST-501.1 usado en la estación de radio.**



Fuente: Autor

- Impedancia de entrada: 600 Ohm. Balanceada resistiva.
- Nivel de entrada: Nominal, + 12 dBm para  $\pm 75$  KHz de desviación a 400 Hz.
- Respuesta de audio:  $\pm 0.5$  dB de 50 Hz a 15 KHz con selección de preénfasis 50 o 75 seg.
- Distorsión armónica:  $<0.89$  % 400 Hz.
- Conectores en panel posterior: 1 BNC señal compuesta.
- Multímetro LCD: Modulación total.
- Multímetro LCD: Modulación total, Potencia directa, Potencia reflejada, Frecuencia de trabajo, Frecuencias en memoria.
- alimentación DE RED: 220 V, 50/60 Hz.
- Ambientales: Rango de temperatura: 00 a 509 C. Humedad relativa: 90%. Altitud: 4.500 Mts.
- Dimensiones: Alto: 2 Unidades. Fondo: 40 cm. Ancho: 48.3 cm.

#### 4.1.4 Conductor de línea de trasmisión WAVE FLC 78-50J



El cable de transmisión se encuentra enrollado en el suelo junto a 3 dipolos del sistema radiante sin ningún tipo de utilidad.

**Figura 11 Conductor WAVE FLC 78-50J usado en la estación de radio.**



Fuente: Autor

- Marca: WAVE.
- Tipo de conductor: FLC 78-50J.
- Velocidad relativa de propagación ( $V_f$ ): 0.88.
- Atenuación nominal dB/m @ 1000 MHz: 0.041.
- Atenuación nominal dB/m @ 2000 MHz: 0.061.
- Atenuación nominal dB/m @ 2500 MHz: 0.072.

#### 4.1.5 Antena trasmisora RYMSA AT 12-200-4

El sistema radiante está compuesto por un dipolo el cual tiene una ganancia de 0.2 dB, un pararrayos, una baliza que presenta daño, y una puesta a tierra que se ve en estado de corrosión.

**Figura 12 Antena RYMSA AT 12-200-4 usada en la estación de radio.**



Fuente: Autor

Tabla 3 Características de la antena RYMSA AT 12-200-4 con la que cuenta la estación de radio de la Universidad de Pamplona.

### Electrical Specifications

Frequency range	87.5-108 MHz	
Peak gain	0.2 dB (ref. $\lambda/2$ dipole, $\varnothing$ 50 mm pole)	
3 dB beam width	Horizontal: 360°	Vertical: 86°
Polarization	Circular	
Impedance	50 Ohm	
VSWR	$\leq 1.1:1$	
Bandwidth	500 KHz	
Maximum power handling	500 W	
Connector type	N	
Pressurization	Non pressurized	

### Mechanical & Environmental Specifications

Materials	Stainless steel
Dimensions (W x D x H)	500 x 500 x 750 mm
Maximum wind speed	200 km/h
Wind load	200 N (@160 km/h)
Weight	5 kg
Clamp type	To $\varnothing$ 25 – 75 mm pipe
Vertical spacing	0.8 $\lambda$ 0.9 $\lambda$ typical
Grounding	DC grounded
Temperature range	-40°C to +80°C
Humidity	100%

### Antenna System Characteristics

Number of Bays	Number ant. per bay	Peak gain (dBd)	Weight (kg)	Wind load (@160 km/h)	System height (mm)
1	1	0.2	5	0.2 kN	750
2	1	3.2	10	0.4 kN	3450
4	1	6.2	20	0.8 kN	8850
6	1	8.0	30	1.2 kN	14250
8	1	9.2	40	1.6 kN	19650

Fuente: <https://www.tryo.es/wp-content/uploads/2017/04/AT12-200.pdf>

**Figura 13 estado del gabinete**



Fuente: Autor

**Figura 14 terminal sulfatada y estado de corrosión**



Fuente: Autor

**Figura 15 Cableado eléctrico al descubierto**



Fuente: Autor

**Figura 16 cuarto sin señalización**



Fuente: Autor

**Figura 17 material que no corresponde al cuarto del transmisor**



Fuente: Autor

**Figura 18 Torre transmisora dentro del perímetro publico**



Fuente: Autor

#### **4.2 MEDICIONES SEGUN LA RESOLUCION 001645 DEL MISNISTERIO DE COMUNICACIONES EN EL 2005.**

Se llevó a cabo el proceso de medición 94.9 Radio Universidad de Pamplona, tomando muestras en los diferentes puntos que se realizaron teniendo en cuenta el decreto 195 de 2005 con la resolución 001645 del 29 de julio de 2005 de la definición de fuentes inherentes conformes, basándose en los modelos de categorías de accesibilidad con la respectiva validación, efectuando mediciones con una categoría de accesibilidad 1, donde se estipula, que la antena debe estar a una altura  $h$  sobre el nivel del suelo; con base en la categoría la metodología será: (1645/2005 2005)

1. Establecer una hora adecuada de medición de tal manera que refleje en lo posible un nivel nominal de alto nivel de tráfico o de utilización, con base en esto se solicitará información a la emisora de la Universidad, acerca de los programas radiales que cuentan con mayor audiencia. Con base a la información suministrada se tomarán las muestras necesarias para realizar la medición.
2. Se inicia la toma de medidas en la zona ocupacional con la sonda de campo eléctrico a una distancia que presente una lectura significativa, tratando en lo posible de escribir los trayectos perpendiculares con respecto a la fuente radiante en forma de cruz con la sonda de medición ubicada a 1.70 metros de altura.
3. En este caso la estación se encuentra en áreas de público general, la medición se realiza en áreas vecinas determinando el nivel de potencia con el analizador de espectro, las mediciones se realizan teniendo en cuenta los puntos cardinales, se tomarán muestras según puntos de acceso con un radio  $n$  en el casco urbano, tomando 5 mediciones en cada punto donde se verá un valor promedio de la potencia radiada por la antena, de allí se obtendrán algunos valores tales como:
  - Banda de frecuencia.
  - Tipo de modulación.
  - Anchura de banda.
  - Dirección y coordenadas geográficas.
  - Tipo y elemento radiante como la antena y el fabricante.
  - Altura de la torre.
  - Azimut e inclinación de la antena.
  - Especificaciones técnicas de la antena como eficiencia.
  - Patrones de radiación horizontal y vertical de la antena.
  - Ganancia y PIRE.
4. Para el caso, en donde los valores medidos superen en los recorridos los límites de exposición de la norma K.52, se realizarán mediciones de pro mediación de 6

minutos con el fin de estudiar su estabilidad en el tiempo, la normativa vigente por motivos de seguridad recalca la seguridad en cuanto a los límites de exposición permitidos para la población general estos límites se encuentran en el rango de los 9 a los 300 GHz según los requerimientos adscritos por esta norma.

5. Con la información tomada, en el computador portátil, se podrán realizar graficas de tomas de medidas, indicando los niveles de campos normalizados respecto a los límites establecidos de exposición.

**Tabla 4 Características según el espectro radioeléctrico**

<b>Espectro Radioeléctrico</b>	<b>Valores</b>
Banda de frecuencia	94.9 MHz
Tipo de modulación.	FM
Anchura de banda.	200 KHz
Dirección y coordenadas geográficas.	7° 23' 12,5" N 72° 39' 00,1" O
Tipo y elemento radiante como la antena y el fabricante.	RYMSA dipolo AT12-200
Altura de la torre.	20 metros
Azimut e inclinación de la antena.	162°
Especificaciones técnicas de la antena como eficiencia.	0°
Patrones de radiación horizontal y vertical de la antena.	Horizontal: 360° Vertical: 86°
Ganancia y PIRE.	0.2 dB

Fuente: resolución 001645

#### 4.2.1 Ubicación del transmisor FM de radio 94.9 de la Universidad de Pamplona

En primera medida, se hace una medición de las coordenadas exactas donde se encuentra en transmisor FM de la estación de radio 94.9 FM de la Universidad de Pamplona.

**Tabla 5 Ubicación del transmisor FM radio 94.9 FM de la Universidad de Pamplona.**

Latitud	7° 23' 12,5" N	7,386809
Longitud	72° 39' 00,1" O	-72,65003
Altura	2370,8 metros	

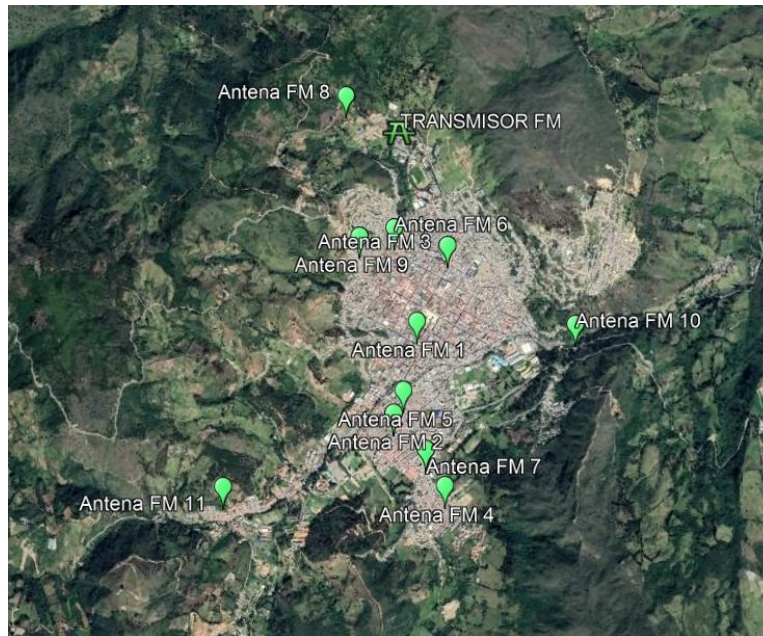
Fuente: Autor

#### 4.2.2 Ubicación de las antenas receptoras fuera del perímetro de la Universidad

Las antenas receptoras fueron ubicadas aleatoriamente por el casco urbano, según la accesibilidad a los predios para la utilización de la energía eléctrica. A continuación, se

observa una imagen extraída desde Google Earth donde se aprecian la georreferenciación de los puntos sobre la ciudad de Pamplona; cuyos datos fueron colectados en la Tabla 6.

**Figura 19 Georreferenciación de los puntos de las antenas receptoras.**



Fuente: imagen extraída de Google Earth

**Tabla 6 Coordenadas de los receptores.**

Receptores	Latitud	Longitud	Altura metros
Antena FM 1	7° 22' 29,7" N 7,374929	72° 38' 55,9" O -72,64886	2287
Antena FM 2	7° 22' 09,8" N 7,369378	72° 39' 00,8" O -72,65022	2302
Antena FM 3	7° 22' 46,5" N 7,379571	72° 38' 49,3" O -72,64703	2292
Antena FM 4	7° 21' 54,3" N 7,365079	72° 38' 49,5" O -72,64708	2362
Antena FM 5	7° 22' 14,7" N 7,370745	72° 38' 58,7" O -72,64964	2295
Antena FM 6	7° 22' 50,3" N 7,380643	72° 39' 01,1" O -72,65031	2318
Antena FM 7	7° 22' 01,9" N 7,367206	72° 38' 53,7" O -72,64825	2332
Antena FM 8	7° 23' 20,0" N 7,388895	72° 39' 12,3" O -72,6534	2406
Antena FM 9	7° 22' 48,4" N 7,38118	72° 39' 48,4" O -72,65244	2366
Antena FM 10	7° 22' 29,2" N 7,374769	72° 38' 21,1" O -72,63921	2292
Antena FM 11	7° 21' 53,9" N 7,364982	72° 39' 37,5" O -72,66042	2367

Fuente: Autor

#### 4.2.3 Ubicación de las antenas receptoras dentro del perímetro de la Universidad

Las antenas se distribuyen dentro del campus con un radio de 10 metros con relación al azimut en los 360 con separación de 10 grados, para saber la potencia de radiación dentro del campo y saber los niveles de exposición en el campo de la radiofrecuencia a los que están expuestos las personas ocupacionales.



**Tabla 7 Radial y potencia del transmisor a 10 metros de distancia.**

Radial	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°
Potencia (dBm)	-10.69	-10.31	-11.8	-11.6	-12.9	-9.83	-12.1	-12.6	-13.1	-11.7	-10.8	-14.4
Radial	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°	190°	200°	210°	220°	230°
Potencia (dBm)	-15.6	-11.1	-10.8	-11.3	-11.4	-10.8	-11.8	-12.3	-11.9	-13.2	-10.8	-11.1
Radial	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°
Potencia (dBm)	-13.6	-13.1	-12.4	-12.2	-11.6	-10.8	-11.3	-11.6	-11.8	-13.2	-12.4	-10.3

Fuente: Autor

#### 4.2.4 Ubicación de las antenas receptoras fuera del perímetro de la Universidad

Las mediciones se realizaron teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

- Ubicación del punto de medición por medio del GPS.
- Verificación del correcto funcionamiento de los equipos y elementos.
- Ubicación de la antena de medición a 1.5 m sobre el nivel del terreno y en dirección al transmisor.
- Registro del espectro radioeléctrico por un tiempo de 6 minutos en el rango de frecuencia.

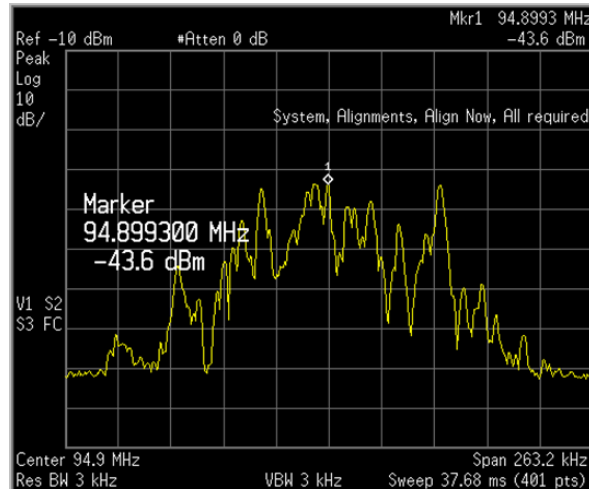
#### 4.2.5 Obtención de datos con el analizador de espectro

Según la metodología, las horas suministradas por los encargados de la emisora y utilizando los puntos cardinales en dirección al norte con el analizador de espectro, se obtendrán muestras de la siguiente manera:

##### 4.2.5.1 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al norte

A continuación, se muestran los valores obtenidos con el analizador de espectro en la antena receptora FM1 con dirección al norte:

**Figura 20** Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al norte.



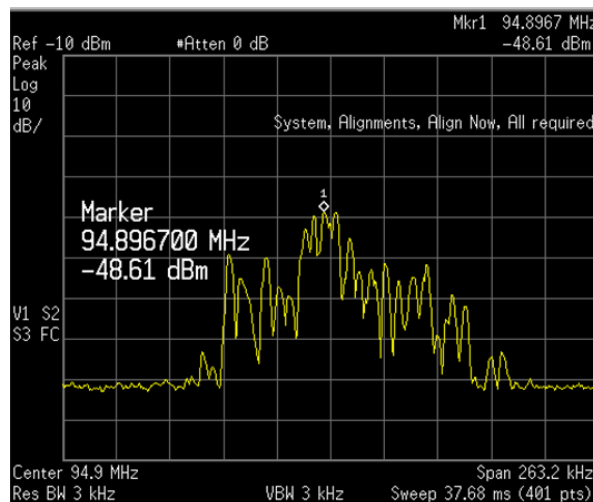
Fuente: Autor

En la Figura 20, se observa la imagen la cual es capturada directamente del analizador de espectro, en la cual el marcador se encuentra centrado en 94.899300 MHz, lo cual quiere decir que está dentro del rango de frecuencia de la emisora 94.9 MHz, es de resaltar el nivel de recepción que hay en el punto inicial de la antena receptora FM 1 cuyo nivel es de -43.6 dBm, ubicada en el centro de Pamplona con dirección al norte, cuyas coordenadas están especificadas en la **Tabla 6**.

#### 4.2.5.2 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Sur

A continuación, se muestran los valores obtenidos con el analizador de espectro en la antena receptora FM1 con dirección al Sur:

**Figura 21** Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Sur.



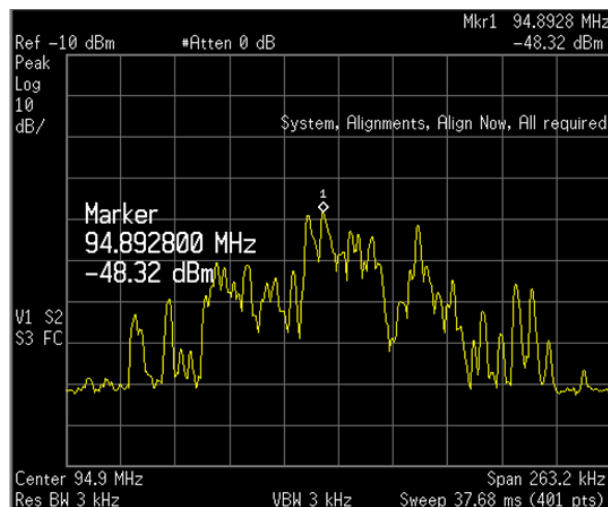
Fuente: Autor

En la Figura 21, se observa la imagen la cual es capturada directamente del analizador de espectro, en la cual el marcador se encuentra centrado en 94.896700 MHz, lo cual quiere decir que está dentro del rango de frecuencia de la emisora 94.9 MHz, es de resaltar el nivel de recepción que hay en el punto inicial de la antena receptora FM 1 cuyo nivel es de -48.61 dBm, ubicada en el centro de Pamplona con dirección al sur, cuyas coordenadas están especificadas en la **Tabla 6**.

#### 4.2.5.3 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Este

A continuación, se muestran los valores obtenidos con el analizador de espectro en la antena receptora FM1 con dirección al Este:

**Figura 22 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Este.**



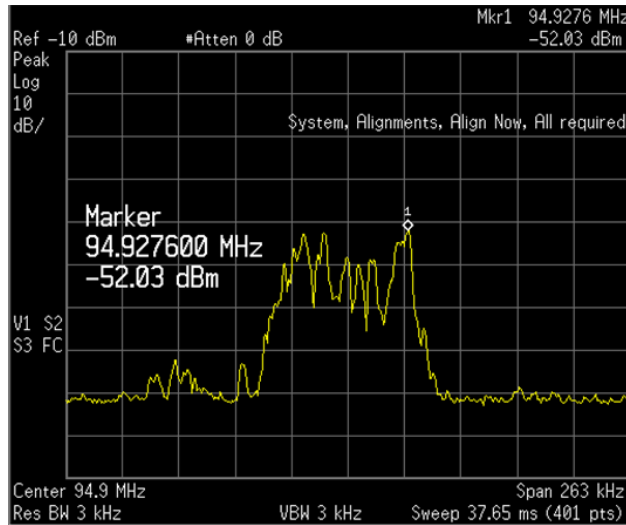
Fuente: Autor

En la Figura 22, se observa la imagen la cual es capturada directamente del analizador de espectro, en la cual el marcador se encuentra centrado en 94.892800 MHz, lo cual quiere decir que está dentro del rango de frecuencia de la emisora 94.9 MHz, es de resaltar el nivel de recepción que hay en el punto inicial de la antena receptora FM 1 cuyo nivel es de -48.32 dBm, ubicada en el centro de Pamplona con dirección al este, cuyas coordenadas están especificadas en la **Tabla 6**.

#### 4.2.5.4 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Oeste

A continuación, se muestran los valores obtenidos con el analizador de espectro en la antena receptora FM1 con dirección al Oeste:

**Figura 23 Potencia recibida por la antena receptora FM1 con dirección al Oeste.**



Fuente: Autor

En la Figura 23, se observa la imagen la cual es capturada directamente del analizador de espectro, en la cual el marcador se encuentra centrado en 94.927600 MHz, lo cual quiere decir que está dentro del rango de frecuencia de la emisora 94.9 MHz, es de resaltar el nivel de recepción que hay en el punto inicial de la antena receptora FM 1 cuyo nivel es de -52.03 dBm, ubicada en el centro de Pamplona con dirección al oeste, cuyas coordenadas están especificadas en la **Tabla 6**.

#### 4.2.6 Valores medidos en las muestras tomadas

Teniendo en cuenta la metodología explicada anteriormente, se realizan las mediciones respectivas en cada muestra asignada obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 8 Valores obtenidos para cada medición.**

Receptores	NORTE (dBm)	SUR (dBm)	ORIENTE (dBm)	OCCIDENTE (dBm)
Antena FM 1	-43.6	-48.61	-48.32	-52.03
Antena FM 2	-34,69	-37.50	-38.54	-37.59
Antena FM 3	-35.9	-34.8	-38.1	-35.57
Antena FM 4	-45.5	-49.83	-43.5	-48.45
Antena FM 5	-30,1	-33.4	-36.32	-37.2
Antena FM 6	-28,7	-30.25	-32.23	-31.2
Antena FM 7	-38.54	-37.23	-36.8	-56.44
Antena FM 8	-16,8	-13.61	-14.52	-16.7
Antena FM 9	-36,0	-35.5	-39.2	-43.78
Antena FM 10	-52,3	-51.25	-54.32	-56.31
Antena FM 11	-55.83	-54.62	-50.8	-55.61

Fuente: Autor

En la Tabla 8 se muestran los valores de cada antena receptora ubicados aleatoriamente en el casco urbano de Pamplona cuyas posiciones están plasmadas en la Tabla 6 los cuales se ubicaron haciendo énfasis en los puntos cardinales, en la cual se observa altos niveles de variación según corresponden a los puntos, entre más lejos disminuye la intensidad de la señal.

### 4.3 CALCULOS

#### 4.3.1 Pérdidas por espacio libre

En la Tabla 9 se plasman las distancias que se utilizaron para realizar los cálculos de las pérdidas de espacio libre, obtenidas del software de Google Eart, inicialmente desde la antena transmisora hasta las antenas receptoras distribuidas aleatoriamente en la ciudad de pamplona, las ubicaciones de mencionadas antenas se encuentran en la Tabla 6. A continuación las distancias medidas en kilómetros que son posteriormente se reemplazan los valores en la Ecuación 6.

**Tabla 9** Distancia usada para los cálculos.

Receptores	Distancia Km
Antena FM1	1,33
Antena FM2	1,94
Antena FM3	0,87
Antena FM4	2,44
Antena FM5	1,79
Antena FM6	0,69
Antena FM7	2,19
Antena FM8	0,44
Antena FM9	0,79
Antena FM10	1,79
Antena FM11	2,68

Fuente: Autor

En la tabla anterior se encuentran las distancias que hay desde la torre transmisora hasta cada uno de los puntos ubicados en el casco urbano de Pamplona cuya ubicación se encuentran en la **Tabla 6**. Las cuales se utilizaron para hallar las perdidas por espacio libre reemplazados los valores en la fórmula de la **Ecuación 6**.

Para los cálculos de las pérdidas se tiene la siguiente ecuación, las cuales se reemplazan los valores de la frecuencia que es la 94.9 MHz y en la parte de la distancia se reemplazan los valores de la Tabla 9.

**Ec. 6** Pérdidas por espacio libre

$$L_f(db) = 32.4 + 20 \log f(MHZ) + 20 \log R (Km)$$

A continuación, se relacionan las pérdidas encontradas en el espacio libre en la frecuencia central de 94.9 MHZ, reemplazando los valores de la Tabla 9 y la frecuencia central en la Ecuación 6 se obtienen los siguientes resultados expresados en la tabla 10. Las cuales indican que la señal se distribuye sobre un frente de onda en la cual la densidad de la potencia disminuye a medida que se aleja del transmisor.

**Tabla 10 Datos calculados de las pérdidas por espacio libre.**

<b>Receptores</b>	<b>Pérdidas por espacio libre (dB)</b>
Antena FM 1	74.42
Antena FM 2	77.70
Antena FM 3	70.48
Antena FM 4	79.69
Antena FM 5	77
Antena FM 6	68.72
Antena FM 7	78.75
Antena FM 8	64.81
Antena FM 9	69.89
Antena FM 10	77
Antena FM 11	80.50

Fuente: Autor

#### 4.3.2 Pérdidas por Trayecto

A continuación, se relacionan las potencias de recepción extraídas de la Tabla 8, la columna utilizada fue la de apuntamiento al norte dirigida a la ubicación de la antena transmisora; para posteriormente reemplazar estos valores en la Ecuación 7 potencia de recepción (PR).

**Tabla 11 Potencia de recepción usada para los cálculos.**

<b>Receptores</b>	<b>Potencia recepción PR (dBm)</b>
Antena FM 1	-43.6
Antena FM 2	-34,69
Antena FM 3	-35.9
Antena FM 4	-45.5
Antena FM 5	-30,1
Antena FM 6	-28,7
Antena FM 7	-38.54
Antena FM 8	-16,8
Antena FM 9	-36,0
Antena FM 10	-52,3
Antena FM 11	-55.83

Fuente: Autor

Para los cálculos de las pérdidas se tiene la siguiente ecuación:

**Ec. 7 Pérdidas por trayecto**

$$L(db) = PT_{(dBw)} + GT_{(dBi)} + GR_{(dBi)} - LT_{(dB)} - LR_{(dB)} - PR_{(dBw)}$$

$PT_{(dBw)}$  = Potencia de Transmisión

$GT_{(dBi)}$  = Ganancia de Transmisión

$GR_{(dBi)}$  = Ganancia de Recepción

$LT_{(dB)}$  = Pérdidas en el Transmisor

$LR_{(dB)}$  = Pérdidas en el Receptor

$PR_{(dBw)}$  = Potencia de Recepción

$$PT_{(dBw)} = 29.03 \text{ dBw}$$

$$GT_{(dBi)} = 2.35 \text{ dBi}$$

$$GR_{(dBi)} = 0 \text{ dBi}$$

$$LT_{(dB)} = 0.136 \text{ dB}$$

$$LR_{(dB)} = 0 \text{ dB}$$

**Tabla 12 Datos calculados de las pérdidas por Trayecto.**

<b>Receptores</b>	<b>Pérdidas por Trayecto PR (dB)</b>
Antena FM 1	109,54
Antena FM 2	95,93
Antena FM 3	97,14
Antena FM 4	106,14
Antena FM 5	91,34
Antena FM 6	89,94
Antena FM 7	99,78
Antena FM 8	68,04
Antena FM 9	97,24
Antena FM 10	103,54
Antena FM 11	117,07

Fuente: Autor

En la Tabla 12 se observan los valores previamente calculados en la Ecuación 7 de las pérdidas por trayecto para cada uno de los puntos.

#### 4.3.3 Pérdidas por Tierra Plana

Como se mencionó en la tabla 9, las distancias entre el transmisor y el receptor fueron halladas con Google Earth, en la tabla 13 se muestran las distancias en metros para posteriormente ser remplazadas en la Ecuación 8.

Tabla 13 Distancia usada para los cálculos.

Receptores	Distancia metros
Antena FM1	1330
Antena FM2	1940
Antena FM3	870
Antena FM4	2440
Antena FM5	1790
Antena FM6	690
Antena FM7	2190
Antena FM8	440
Antena FM9	790
Antena FM10	1790
Antena FM11	2680

Fuente: Autor

Para los cálculos de las pérdidas se tiene la siguiente ecuación:

Ecuación 8 Pérdidas por tierra plana

$$L(db) = 40 \log r_m - 20 \log hm_m - 20 \log hb_m$$

$r_m =$  distancia

$hm_m =$  altura del receptor (1.5m)

$hb_m =$  altura del transmisor(20m)

Tabla 14 Datos calculados de las pérdidas por Tierra Plana

Receptores	Pérdidas por tierra plana (dB)
Antena FM 1	95.41
Antena FM 2	101.96
Antena FM 3	88.03
Antena FM 4	105.95
Antena FM 5	100.57
Antena FM 6	84.01
Antena FM 7	104.07
Antena FM 8	76.19
Antena FM 9	86.36
Antena FM 10	100.57
Antena FM 11	107.58

Fuente: Autor



En la Tabla 14 se expresan los resultados hallados de la Ecuación 8, en la cual se expresan las pérdidas por tierra plana en la cual se observa la como se atenúa la señal a medida que se propaga en el espacio.

#### 4.3.4 Altura de la antena sobre el nivel del mar

A continuación, se hace el cálculo de la antena sobre el nivel del mar para los respectivos requerimientos que hacen en la aeronáutica civil.

Cálculos de la antena sobre el nivel del mar

**Ec. 9** *Altura de la antena sobre el nivel del mar*

$$H_{max} = H_{prom} + h$$

*H<sub>prom</sub>: altura promedio de Pamplona*

*h: altura asignada por el ministerio a la emisora*

$$H_{max} = 2421_m + 90_m$$

$$H_{max} = 2511_m$$

**Ec. 10** *Longitud de onda*

*λ = longitud de onda*

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{94.9 \times 10^6}$$

$$\lambda = 3.16_m$$

Según el fabricante la distancia vertical está dada por  $\frac{4}{5} \lambda$ , en el caso de la frecuencia de la emisora es de 94.9 MHz entonces:

*La = longitud eléctrica de la antena*

$$La = \frac{4}{5} * \lambda$$

$$La = \frac{4}{5} * 3.16$$

$$La = 2.528_{\text{metros}}$$

HSI (altura máxima sobre el nivel del mar para el centro de radiación de la antena)

$$HSI = \text{Altura del sitio de transmision} + \text{altura de la torre} - la$$

$$HSI = 2421 + 20 - 2,528$$

$$HSI = 2438$$

#### 4.3.5 Calculo de la potencia radiada aparente

La P.R.A es el producto de la potencia suministrada a la entrada de la antena por su ganancia con relación a un dipolo de media en una dirección dada.

Potencia de operación del transmisor

Potencia reflejada

Perdida en la línea de transmisión

Pérdida total por conectores

Ganancia de la antena

**Ec. 11 potencia radiada aparente**

$$PRA_{\text{watts}} = (Pi - Pr) * Ga$$

Donde:

$Pi$  =potencia incidente

$Pr$  =potencia reflejada

$Ga$  =ganancia de la antena de radiación

Para calcular pi partimos de que

$$Pi = Po - Pl - Pc (dB)$$

Donde

$Po$  =potencia de operación del transmisor

$Pl$  =perdidas en la línea de transmisión

$Pc$  =perdidas por conectores

Cálculo de la pérdida en la línea de transmisión:

$$Pl = Lt * At$$

$Lt$  =Longitud total de la línea

$At$  =atenuación de la línea de transmisión según el fabricante para la frecuencia de trabajo.

La emisora cuenta con cuatro líneas de transmisión cada una con una longitud de 30 metros. Teniendo en cuenta la gráfica de atenuación de la línea de transmisión que se usa en el sistema, se estableció que, para una frecuencia de 94,9 MHz, la pérdida en la línea de transmisión es de 0,36 dB para una longitud de 100ft.

$$100ft = 300mts$$

Se tiene:

$$At = \frac{0,36 \text{ dB}}{33 \text{ mts}} = 0,010 \frac{\text{dB}}{\text{mts}}$$

$$Lt = 30mts$$

$$Pl = 30mts * 0,010 \frac{\text{dB}}{\text{mts}} = 0.3 \text{ dB}$$

Potencia reflejada en la antena:

**Ecuación 12 Potencia reflejada**

$$Pr = Pi * k^2 (W)$$

Donde:

$$K = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

La relación de onda estacionaria VSWR es de 1.1:1

$$K = \frac{1,1 - 1}{1,1 + 1}$$

$$K = 0.04761904762$$

Reemplazando  $Pi$  y  $K$  en  $Pr$  tenemos:

$$Pr = Pi * (0.04761904762)^2 (W)$$

$$Pr = Pi * (2,2675 * 10^{-3})(W)$$

Reemplazando  $Pr$  en  $PRA = (Pi - Pr) * Ga (W)$

El valor de  $G_a$  se obtiene de las especificaciones técnicas de la antena AT200-4, donde la ganancia en dB es de 3.3 y 2,1 en GAIN (time).

Tenemos que:

$$PRA = (P_i - P_i * (2.2675 * 10^{-3})) * 2,1 )$$

$$PRA = (P_i (1 - 2.2675 * 10^{-3}) * 2,1)$$

$$PRA = (P_i (0.9977) * 2,1 )$$

$$PRA = (P_i * 2.095 )$$

$$PRA = P_i * 2.095 = 5KW = 5000w$$

$$PRA = P_i * 2.095 = 5KW = 5000w$$

$$5000W = P_i * 2,095$$

$$P_i = \frac{5000W}{2,095}$$

$$P_i = 2386.634 w$$

$$P_i = 10\log (2386.634) \text{ dB} = 33.7\text{dB}$$

Cálculo de la potencia nominal del transmisor

Tomamos la ecuación

**Ec. 13 Potencia nominal del transmisor**

$$P_i = P_o - P_l - P_c \text{ dB}$$

Despejamos  $P_o$

$$P_o = P_i + P_l + P_c$$

$$P_o = 33.7\text{dB} + 0.30 \text{ dB} + 0.2 \text{ dB}$$

$$P_o = 34.2\text{dB} = 2630w$$

Según el plan técnico de radiodifusión sonora él  $PRA$  no debe ser superior a  $\pm 10\%$  de la potencia radiada aparente autorizada, por lo tanto se debe cumplir que:

$$4500W \leq PRA \leq 5500W$$

Cálculo de la potencia radiada máxima y mínima.

La tolerancia de la potencia nominal del transmisor según el fabricante es del  $\pm 3\%$ .

Por lo tanto:

$$\left(\frac{2630 - 2630 * 3}{100}\right) \leq P_o \leq \left(\frac{2630 + 2630 * 3}{100}\right)$$

$$2551W \leq P_o \leq 2709W$$

PARA  $P_{o_{max}}$ :

$$P_{o_{max}} = 2709W = 10 \log(2709) = 34,32dB$$

$$P_i = P_{o_{max}} - P_l - P_c \text{ dB}$$

$$P_i = 34,32 - 0,25 - 0,2 \text{ dB}$$

$$P_i = 33,82dB = 2410 W$$

$$P_r = P_i * K^2 = 2410W * (0,04761904762)^2 = 2410W * 2,2675 * 10^{-3}$$

$$P_r = 5,5W$$

$$PRA = (P_i - P_r) * G_{antena} = 2410W - 5,5W) * 2,1 = 5049W$$

Por lo tanto, este valor es menor que el límite máximo que es de 5500w

$PRA_{min}$

$$P_{o_{max}} = 2551W = 10 \log(2551) = 34,1dB$$

$$P_i = P_{o_{max}} - P_l - P_c \text{ dB}$$

$$P_i = 34,1dB - 0,3dB - 0,2dB$$

$$P_i = 33,6dB = 2291W$$

$$P_r = P_i * K^2 = 2291W * (0,04761904762)^2 = 2291W * 2,2675 * 10^{-3}$$

$$P_r = 5,19W$$

$$PRA = (P_i - P_r) * G_{antena} = (2291W - 5,19W) * 2,1 = 4800W$$

Este valor es mayor al límite mínimo que es de 4500W.

Tabla de los resultados calculados:

Tabla 15 Datos de los cálculos hechos.

Receptores	Pérdidas por espacio libre (dB)	Pérdidas por Trayecto PR (dB)	Pérdidas por tierra plana (dB)
Antena FM 1	74.42	109,54	95.41
Antena FM 2	77.70	95,93	101.96
Antena FM 3	70.48	97,14	88.03
Antena FM 4	79.69	106,14	105.95
Antena FM 5	77	91,34	100.57
Antena FM 6	68.72	89,94	84.01
Antena FM 7	78.75	99,78	104.07
Antena FM 8	64.81	68,04	76.19
Antena FM 9	69.89	97,24	86.36
Antena FM 10	77	103,54	100.57
Antena FM 11	80.50	117,07	107.58

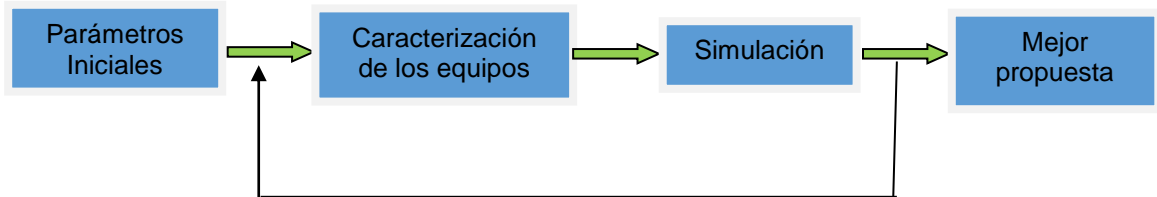
Fuente: Autor

La Tabla 15 expresa los valores calculados para cada uno de los modelos de pérdidas, que son importantes al momento de hacer la selección de los equipos que deberán utilizarse para la ampliación de cobertura.

#### 4.4 DISEÑO

Para la ampliación de cobertura es necesario tener en cuenta la normativa estipulada por el ministerio de las Tics, el plan de Radiodifusión sonora FM, en estas se hizo necesario validar las especificaciones y características de transmisión técnicas y operativas.

Factores que se deben tener en cuenta al momento de diseñar una propuesta como la de ampliar la cobertura y mejorar los niveles de transmisión cumpliendo cabalmente con la normativa estipulada en la sección 3.4 se tiene lo siguiente:



Para la realización del diseño se hace necesario recurrir a los parámetros iniciales del diagnóstico realizado, para la utilización de los puntos geográficos estratégicamente distribuido en el casco urbano de la ciudad de Pamplona.

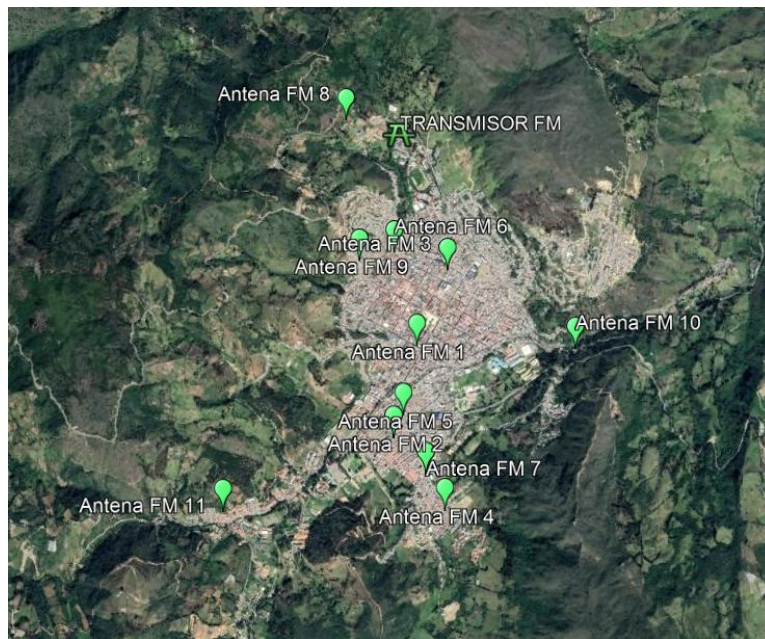
En la Tabla 16 se muestran las coordenadas de las antenas receptoras distribuidas por la ciudad de Pamplona, enseguida en la Figura 24 se muestra la distribución de las antenas receptoras mediante el Software libre Google Earth.

**Tabla 16** Coordenadas geográficas de los puntos a nivel de Pamplona

Receptores	Latitud	Longitud	Altura metros
Antena FM 1	7° 22' 29,7" N 7,374929	72° 38' 55,9" O -72,64886	2287
Antena FM 2	7° 22' 09,8" N 7,369378	72° 39' 00,8" O -72,65022	2302
Antena FM 3	7° 22' 46,5" N 7,379571	72° 38' 49,3" O -72,64703	2292
Antena FM 4	7° 21' 54,3" N 7,365079	72° 38' 49,5" O -72,64708	2362
Antena FM 5	7° 22' 14,7" N 7,370745	72° 38' 58,7" O -72,64964	2295
Antena FM 6	7° 22' 50,3" N 7,380643	72° 39' 01,1" O -72,65031	2318
Antena FM 7	7° 22' 01,9" N 7,367206	72° 38' 53,7" O -72,64825	2332
Antena FM 8	7° 23' 20,0" N 7,388895	72° 39' 12,3" O -72,6534	2406
Antena FM 9	7° 22' 48,4" N 7,38118	72° 39' 48,4" O -72,65244	2366
Antena FM 10	7° 22' 29,2" N 7,374769	72° 38' 21,1" O -72,63921	2292
Antena FM 11	7° 21' 53,9" N 7,364982	72° 39' 37,5" O -72,66042	2367

Fuente: Autor

**Figura 24** Distribución de las antenas receptoras en Pamplona



Fuente: Autor

Se realizaron dos propuestas para la ampliación de cobertura las cuales se tienen a continuación:

#### **4.4.1 Propuesta técnica N° 1 Ampliación de la potencia y ganancia**

Para dar inicio al diseño de la propuesta para el mejoramiento de cobertura se tuvo en cuenta el diagnóstico actual del sistema de transmisión, en la cual se analizó el estado físico de cada uno de los componentes que hacen parte de la transmisión; en esta se caracterizó el sistema y la factibilidad para posterior, empezar una serie de simulaciones para así poder determinar cuál es la cobertura ideal para el casco urbano de Pamplona tomando como referencia las mediciones realizadas con el analizador de espectro.

Para el mejoramiento de la ampliación de cobertura el diseño de esta propuesta consistió en:

- Mantener el sistema de transmisión en el lugar actual.
- El Transmisor FM debe estar de acuerdo a lo autorizado por el ministerio, respecto a la potencia de transmisión, protección de frecuencias del dial cocanal y adyacente expuesto en la Tabla 2 Concesión dial de la radio difusión sonora en norte de Santander.
- El Cambio del transmisor de 1KW a 5Kw como lo estipula la norma.
- Instalar una antena adicional para tener radiando dos dipolos y aumentar de esta manera la ganancia.
- Adecuar el cuarto de transmisión con toda la normativa eléctrica y protecciones que requiere la NTC 2050 para el balance de energía y potencia.
- Adquirir un sistema nuevo de puesta a tierra.
- Adecuar el sistema de pararrayos con el respectivo aislamiento y aterramiento con el polo a tierra.
- Comprar la baliza de señalización de riesgo.
- Desmontar la torre y hacerle un mantenimiento general de pintura y adecuación para prolongar su vida útil.
- Crear un plan de mantenimiento preventivo a los equipos que hacen parte del sistema de transmisión para así extender la vida útil de cada componente.

Basándose en los anteriores criterios, para desarrollo de la propuesta se realizaron algunas mediciones en diferentes puntos para la toma del nivel de recepción a lo largo de pamplona, para así obtener un resultado de la potencia transmitida.

Los parámetros que se deben tener en cuenta son:

Frecuencia: 94.9 MHz

Potencia de Transmisión: 5 KW

Ganancia de la antena: 5,35 dBi



La georreferenciación: expuesta en la Tabla 16.

Ubicación del equipo transmisor: Latitud 7° 23' 12,5" N

Longitud 72° 39' 00,1" O

#### 4.4.2 Propuesta técnica N° 2 reubicación del sistema transmisor

Para el mejoramiento de la ampliación de cobertura de la propuesta se tienen en cuenta muchos factores:

- El cambio de lugar del sistema transmisor cuyo estudio de suelos desmonte y monte del mástil lo realizó Javier Falla en su tesis (J. FALLA 2012).
- El desmonte y reestructuración del mástil a trasladar.
- Adecuar el terreno.
- Construcción del cuarto transmisor con la normativa eléctrica y protecciones que requiere la NTC 2050 para el balance de energía y potencia.
- Aumentar la potencia y la ganancia del sistema transmisor
- Instalación de transmisor de 5 KW
- Montaje del mástil reestructurado.
- Instalación la antena con una ganancia de 3.2 dBd
- Instalar el sistema de pararrayos con el respectivo aislamiento y aterramiento.
- Instalar la baliza de señalización de riesgo.
- Crear un plan de mantenimiento preventivo a los equipos que hacen parte del sistema de transmisión para así extender la vida útil de cada componente

La reubicación del sistema radiante en la zona de la piscina de la Universidad de Pamplona que se encuentra sobre el costado lateral en el kilómetro 1 vía Bucaramanga, donde se realizará el montaje de sistema transmisor de la emisora. Adicionalmente se propone la implementación del radioenlace de 309.1 MHz para la comunicación del estudio de grabación (cabina master) con el transmisor.

Los parámetros que se deben tener en cuenta son:

Frecuencia: 94.9 MHz

Radioenlace: 309.1 MHz

Potencia de Transmisión: 5 KW

Ganancia de la antena: 3.2 dBd

La georreferenciación: expuesta en la Tabla 16.

Ubicación del equipo transmisor: Latitud 7°23'22.06"N

Longitud 72°39'0.30"O

## 4.5 SIMULACIONES

Las simulaciones se realizaron en tres softwares libres estos fueron Radio Mobile y Xirio-Online y google Earth, en los cuales se tuvo en cuenta los parámetros requeridos por cada software para la obtención del nivel de recepción y el área de cobertura en la cual va a irradiar el equipo transmisor obteniendo de estas unos resultados mostrados en tablas.

Para la obtención de resultados las simulaciones se realizaron de la siguiente manera:

- Simulación de la red actual
- Simulación de la propuesta N° 1 Ampliación de la potencia y ganancia
- Simulación de la propuesta N° 2 Reubicación del sistema transmisor

### 4.5.1 Simulación de la red actual

Para la simulación en los respectivos softwares se tienen en cuentas los parámetros actuales con los que cuenta la emisora y estos son:

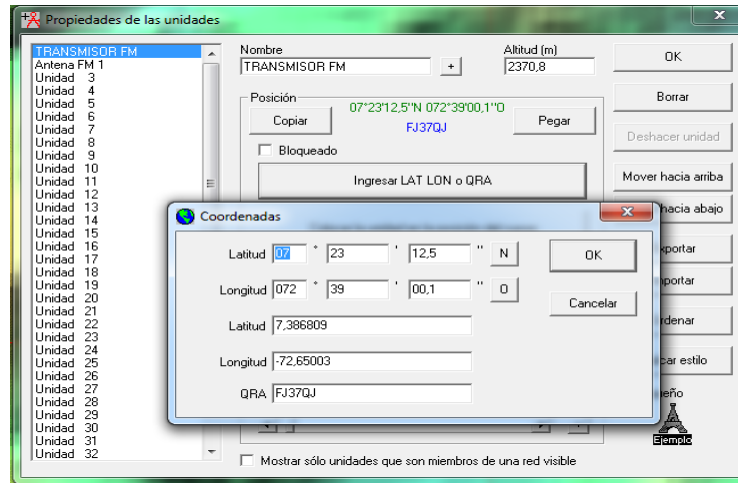
- Frecuencia 94.9 MHz
- Potencia de Transmisión: 1 KW
- Ganancia de la antena: 0.2 dBd
- La georreferenciación de las antenas receptoras: Expuesta en la Tabla 16.
- Ubicación del sistema radiante: Latitud 7° 23' 12,5" N  
Longitud 72° 39' 00,1" O

La simulación se empezó con el software radio Mobile, en este software se indican los parámetros expuestos anteriormente donde se tuvieron en cuenta los siguientes pasos y posteriormente Xirio-Online:

#### 4.5.1.1 Ubicación del transmisor de FM y receptores

Se ubicaron en el software los valores de georreferenciación de la Tabla 16 para la ubicación de los puntos de las antenas receptoras junto con la ubicación del sistema radiante.

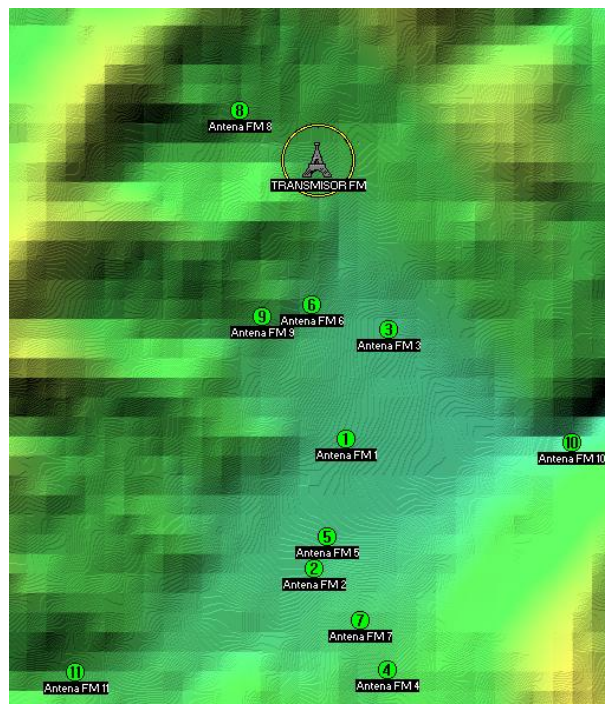
Figura 25 Coordenadas y etiqueta del transmisor FM.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 25 se observa la ubicación de la antena transmisora en el software de radio Mobile para calcular la cobertura del sistema radiante. La cual está dentro del campus de la Universidad de Pamplona específicamente en el bloque ER.

Figura 26 Ubicación de los receptores en radio Mobile.



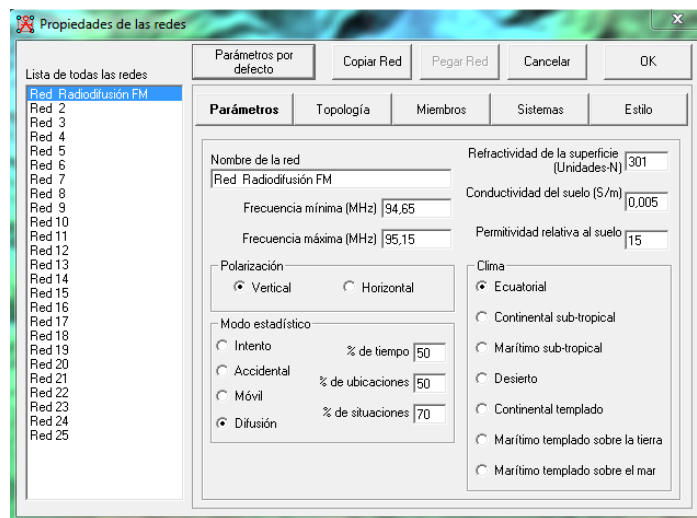
Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la figura se observa la distribución las antenas receptoras FM 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, las cuales fueron escogidas aleatoriamente, cuyas coordenadas de distribución se encuentran en la Tabla 16 y mejor expuestas desde Google Earth en la Figura 24; con el fin de obtener respectivamente los niveles de señal en cada uno de estos puntos.

#### 4.5.1.2 Configuración de los parámetros a la red de radio difusión FM para el software radio Mobile

Se configuraron las características de la red de radiodifusión y quedó de la siguiente manera.

**Figura 27 Configuración de los parámetros de la red**

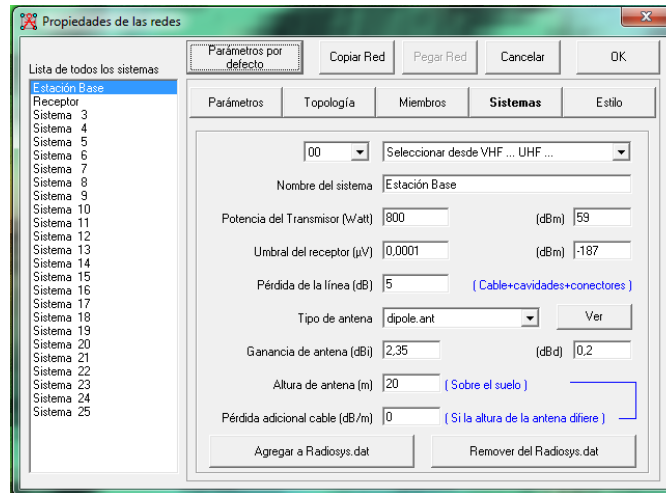


Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 27, se configuraron los parámetros de la red de radiodifusión tales como, frecuencia mínima, máxima y el tipo de clima.

#### 4.5.1.3 Configuración del sistema en la estación base para el software radio Mobile

**Figura 28 Configuración del sistema 1 como estación base**

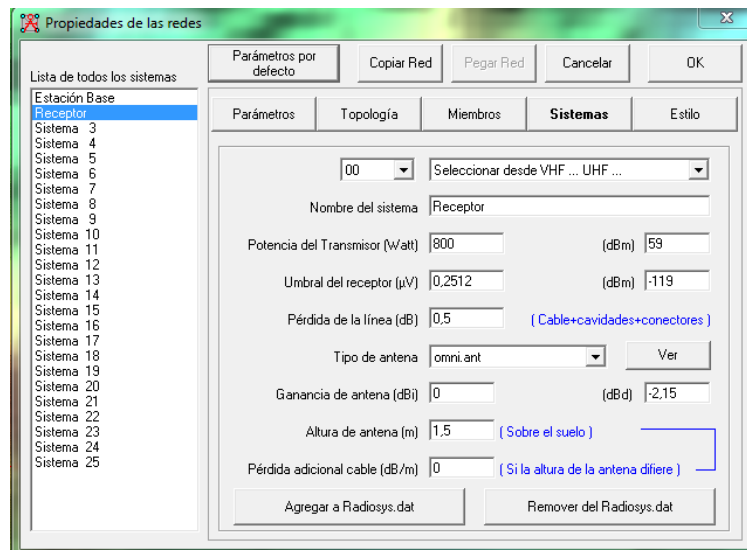


Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 28 se observa la configuración de sistema, se le da un nombre al sistema, en este caso “Estación base”, potencia de transmisión, altura y ganancia de la antena.

#### 4.5.1.4 Configuración del sistema receptor para el software radio Mobile

**Figura 29 Configuración del sistema 2 como receptor.**

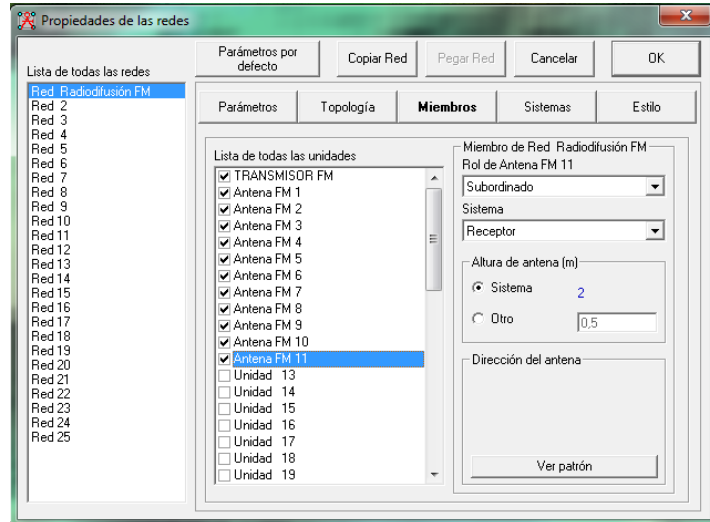


Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 29 se continua con la configuración de sistema en este caso el sistema del receptor se valida la altura, ganancia y el tipo de antena.

#### 4.5.1.5 Asignación del sistema de unidades en el software radio Mobile

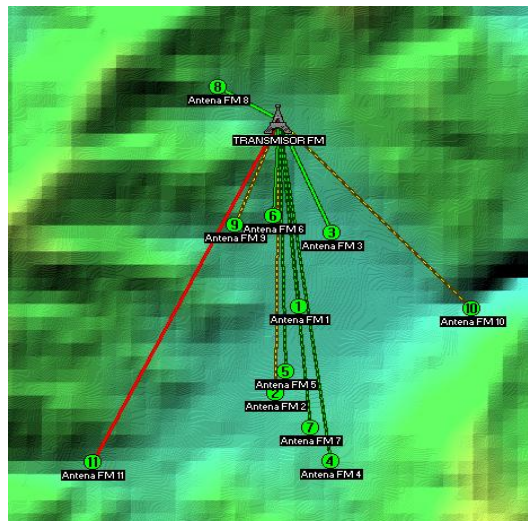
Figura 30 Asignación del sistema de unidades.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

#### 4.5.1.6 Análisis de la red mediante enlace de radio en radio Mobile

Figura 31 Vista de enlaces entre transmisor y receptor.

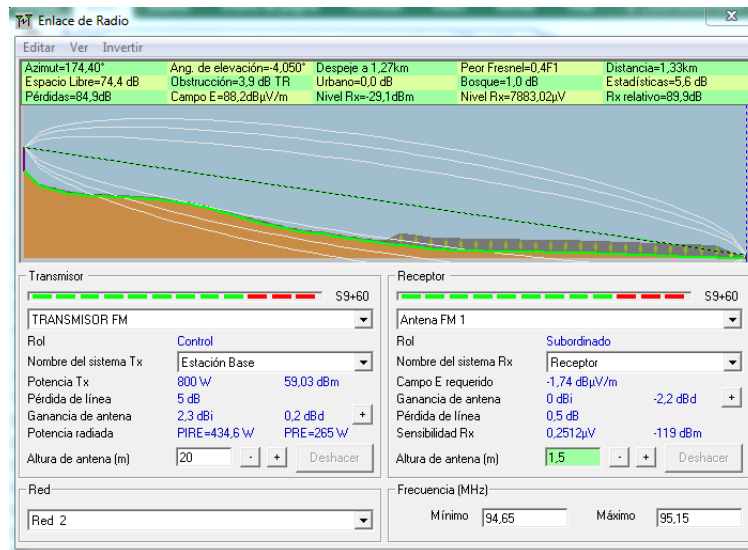


Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 31, se observan los diferentes radioenlaces desde el transmisor hasta cada uno de los puntos de recepción, en esta se observan las diferentes tonalidades en los puntos, los

enlaces de línea verde indican que hay línea de vista, el color amarillo indica que los niveles de recepción varían y el color rojo indica que no hay Línea de vista.

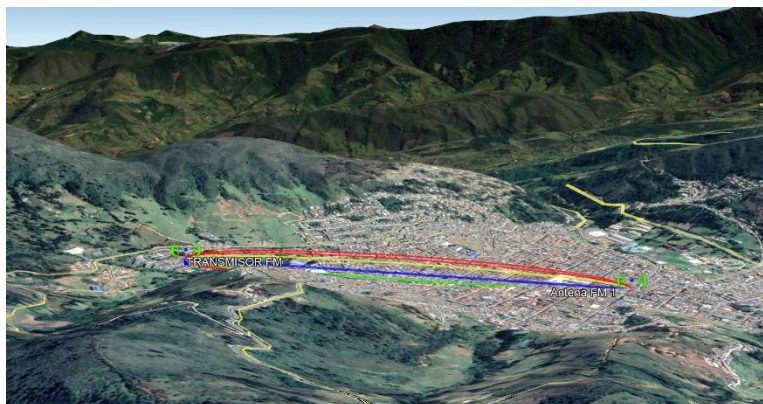
**Figura 32** Análisis mediante enlace de radio.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile.

En la Figura 32, se observa el radioenlace desde el transmisor FM a la antena receptora FM 1 cuya ubicación se encuentra registrada en la Tabla 16, en esta se observa el nivel de recepción que existe en este punto que es de -29 dBm.

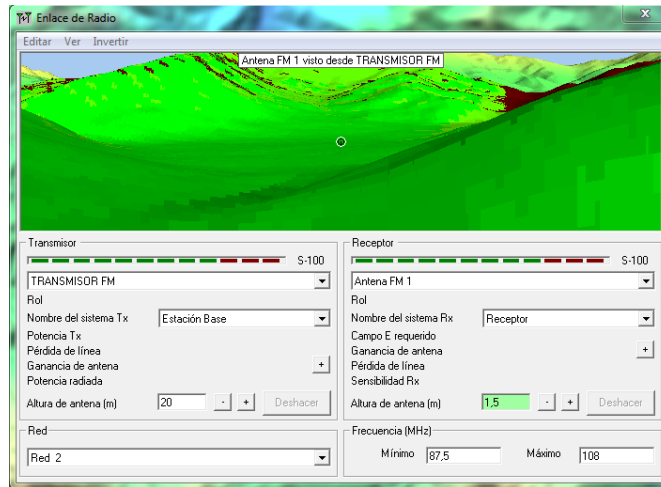
**Figura 33** Radioenlace exportado de radio Mobile en Google Earth.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación Google Earth.

En la Figura 33, se observa el radioenlace punto a punto desde el transmisor FM hasta la antena receptora FM 1, exportado desde Radio Mobile a Google Earth donde se percibe la zona de Fresnel.

**Figura 34 Nivel de observación que percibe la antenna FM.**



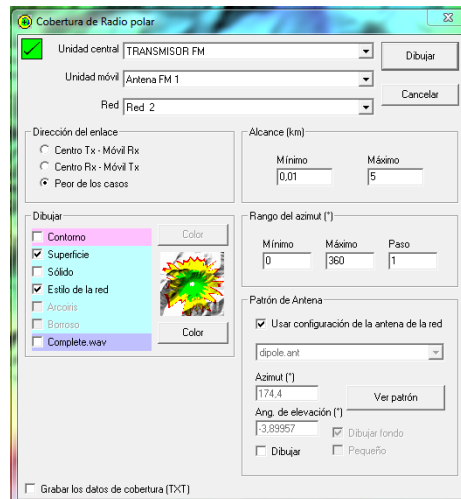
Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile.

En la Figura 34, se observa la vista desde la antenna receptora FM 1 hasta el transmisor FM.

#### 4.5.1.7 Análisis de cobertura mediante el modo polar simple.

En este tipo de análisis se calculó el área de cobertura de una estación transmisora fija para un receptor especificado, realizando un barrido radial.

**Figura 35 Análisis mediante el modo polar simple.**



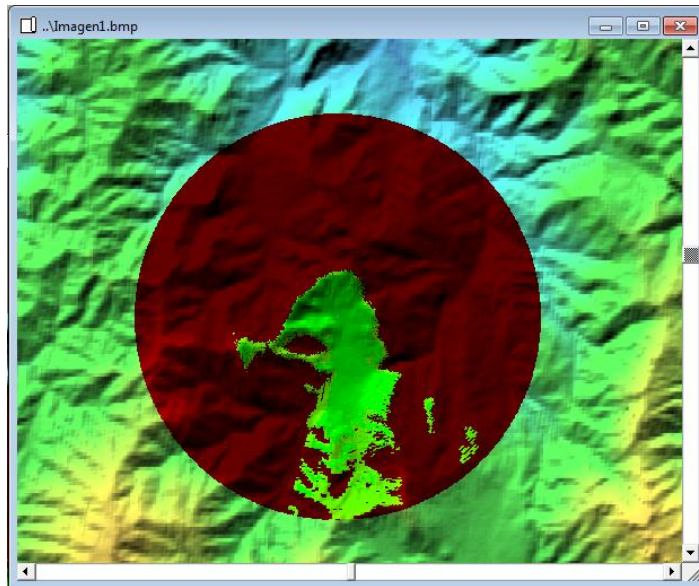
Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 35 se observa la configuración de la cobertura por el medio polar simple, a una altura vista desde el satélite con un radio de 5 km.



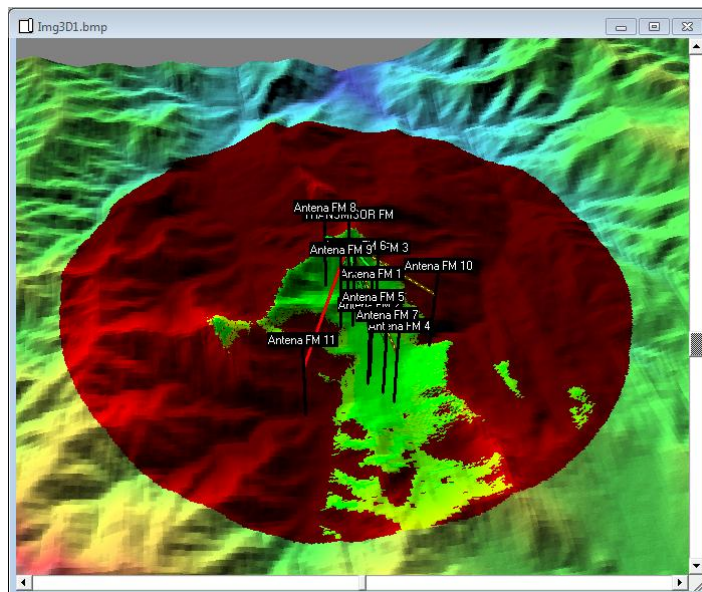
A continuación, en las Figuras 36 y 37, se observa la cobertura del transmisor FM a una distancia de 20 km de altura vista desde el satélite con un radio de 5 km.

**Figura 36 Cobertura del transmisor FM.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

**Figura 37 Cobertura del transmisor FM en 3D altura 10 km radio 5km ubicación de los Rx a 800 w.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

#### 4.5.1.8 Datos obtenidos por simulación en el software Radio Mobile

Tabla 17 Datos obtenidos según simulación en radio Mobile a 800 w

Receptores	Azimut	Ang. De Elevación	Distancia Km	Perdidas dB	Espacio libre dB	Campo E. dBuV/m	Nivel Rx dBm	Rx relativo dB
Antena FM1	174,40 °	3,900 °	1,33	88,9	74,7	84,5	-29,1	86
Antena FM2	180,60 °	2,432 °	1,94	91,4	78	82	-33,7	83,5
Antena FM3	157,61 °	6,101 °	0,87	79,4	71	93,9	-21,9	95,4
Antena FM4	172,33 °	0,500 °	2,44	89,9	79,9	83,5	-37,3	84,9
Antena FM5	178,60 °	2,864 °	1,79	89,8	77,3	83,6	-30,9	85
Antena FM6	182,53 °	5,548 °	0,69	87,6	69	85,8	-26,3	87,3
Antena FM7	174,84 °	1,357 °	2,19	89,4	79	84	-35,7	85,5
Antena FM8	301,95 °	2,711 °	0,44	69,9	65	103,5	-12,9	105
Antena FM9	199,66 °	1,384 °	0,79	96,6	70,2	76,8	-31,9	78,3
Antena FM10	138,28 °	2,941 °	1,79	92,7	77,3	80,6	-39	82,1
Antena FM11	205,27 °	0,362 °	2,68	110,5	80,9	62,9	-49,9	64,3

Fuente: Autor

En la Tabla anterior se tienen los resultados copilados de Radio Mobile para cada una de las antenas Receptoras, tales como azimut, Angulo de elevación, distancia desde el transmisor a cada antena, las pérdidas, el campo Electromagnético, y el nivel de recpcion.

#### 4.5.1.9 simulacion Xirio-online

A continuación, se muestran los resultados de la simulación en xirio- online, empleando la herramienta planing tool con el objetivo de comparar los resultados de radio Mobile.

#### 4.5.1.10 Simulación de un sistema de radiodifusión FM

Para trabajar con este programa no es necesario instalar nada, basta con registrarse en la web <http://www.xirio-online.com> para poder acceder a la herramienta PLANNINGTOOL y realizar las simulaciones. La facilidad de esta aplicación radica en que tiene un asistente para crear los estudios de cobertura. Para empezar, tenemos que clicar en el botón Crear estudio nuevo, donde se nos abrirá una venta que nos irá guiando hasta el final del análisis. En primer lugar, tenemos que especificar que la simulación que se va a realizar es de una emisora de radiodifusión FM por lo que elegimos la categoría Radiodifusión Sonora, luego indicamos la categoría FM y por último escogemos FM estéreo.

Figura 38 Creación del estudio

### Crear nuevo estudio

---

**Seleccione un tipo de estudio**

- Enlace
- Cobertura**
- Cobertura multitransmisor
- Red de transporte
- \* Altura efectiva

**Estudio de cobertura:**

Este estudio representa valores de la señal impuesta por un transmisor, en términos de campo eléctrico o potencia, en todos los puntos dentro del área seleccionada por el usuario.

[Leer más](#)

**Seleccione un servicio o tecnología**

Categoría:	<input type="text" value="Radiodifusión Sonora"/>
Subcategoría:	<input type="text" value="FM"/>
Servicio:	<input type="text" value="FM stereo"/>

Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

En la siguiente ventana hemos ubicado el transmisor indicando las coordenadas sus coordenadas.

. Figura 39 Propiedades del transmisor

### Propiedades del transmisor

---

**Transmisor**

**Nombre:**

---

**Emplazamiento**

**Emplazamiento:**  + ?

**Coordenadas** 📍 📏 🌐 📅

**Latitud:**

**Longitud:**

---

**Parámetros de radio** ? ⬆

**Antena:**  📄 ✖ ?

**Altura antena:**  m

**Orientación:**  [0,359]

**Inclinación:**  [-90,90]

---

**Frecuencias de transmisión**

**Frecuencias**

📄

**Polarización:**

---

**Feeder:**  + ?

**Longitud del feeder:**  m

**Pérdidas del feeder:**  dB 📄

**Pérdidas pasivos:**  dB

---

**Potencia:**

Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

En el siguiente paso tenemos que indicar los parámetros del transmisor, así como la frecuencia, la altura de la antena la polarización, pérdidas. Indicaremos los mismos datos que hemos utilizado con el programa de Radio Mobile.

Figura 40 Propiedades de la antena Tx.

### Propiedades de la Antena

**Antena**

**Nombre:**

**Polaridad:**  Simple  Doble

**Peso:**  Kg

**Dimensión mayor:**  m

---

**Diagramas de radiación**

Frec. inicial	Frec. final	Pol.	Tipo	
-	-	Sin especificar	Copolar	  

Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

En la siguiente ventana escribimos los datos del sistema receptor.

Figura 41 Propiedades de la antena Rx.

### Parámetros de radio

**Parámetros de radio**

**Antena:**    

**Altura antena:**  m

**Polarización:**  ▼

**Feeder:**   

**Longitud del feeder:**  m

**Pérdidas del feeder:**  dB 

**Pérdidas pasivos:**  dB

**Umbral recepción:**  Campo  Potencia

▼ 

Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

En este paso es indicar el área donde se va a realizar el cálculo de cobertura, para ello clicamos en el botón **Definir área en el visor** y seleccionamos el municipio de Pamplona.

Figura 42 Especificaciones, método de cálculo de cobertura.

### Propiedades del estudio de Cobertura

**Estudio**

**Nombre:** UNIPAMPLONA 94.9 FM (1)

**Servicio:** FM stereo

**Banda:** \_\_\_\_\_

**Descripción:**  
Estudio de cobertura...

---

**Extremos**

**Transmisor:** FM

**Parámetros de recepción:**

---

**Parámetros de cálculo**

**Parámetros de difusión:**

**Método de cálculo:** Nuevo Rec. UIT-R P.1546

Método empírico para la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz. Válido en entornos rurales para cualquier servicio radioeléctrico, pero especialmente recomendado para radiodifusión sonora y audiovisual cuando no se dispone de cartografía precisa o a distancias superiores a los 100 kms.

**Capas de cartografía:**

Capa	Tipo	Proveedor	Resolución	MRCG	CS	CM
Altimetría mundial	MDT	APTICA	100 m	400.00 m	0,00 €	0,00 €

MRCG: Máxima resolución de cálculo gratuito  
CS: Coste semanal  
CM: Coste mensual

---

**Área del cálculo**

	Latitud	Longitud
Esquina NorOeste	07°23'48.67"N	072°40'17.63"W
Esquina SurEste	07°20'58.90"N	072°37'30.78"W

Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

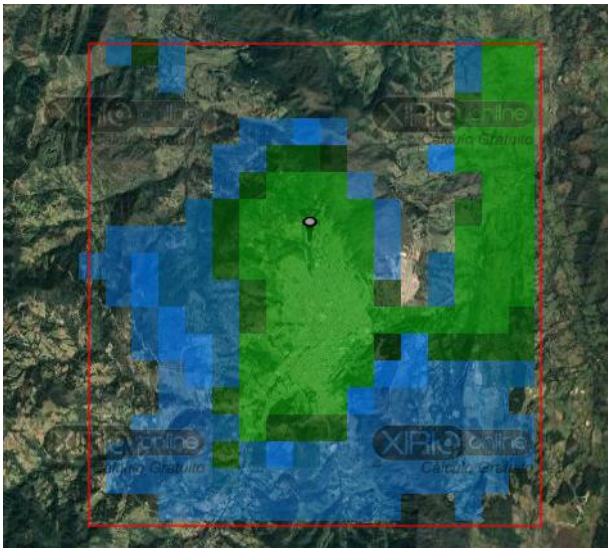
Ahora se observa el área de la cobertura a calcular

**Figura 43** Área de cobertura



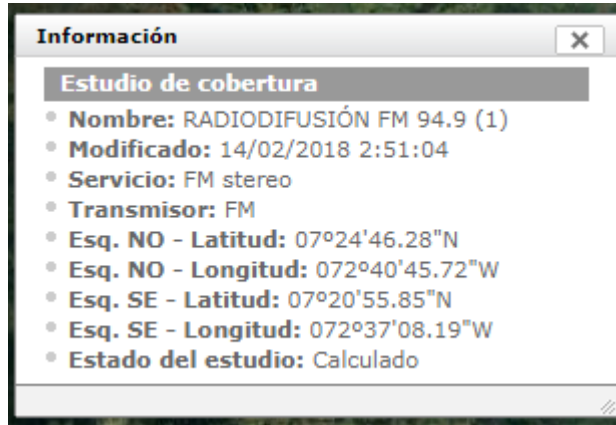
Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

**Figura 44** Área de cobertura calculada 800 w.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

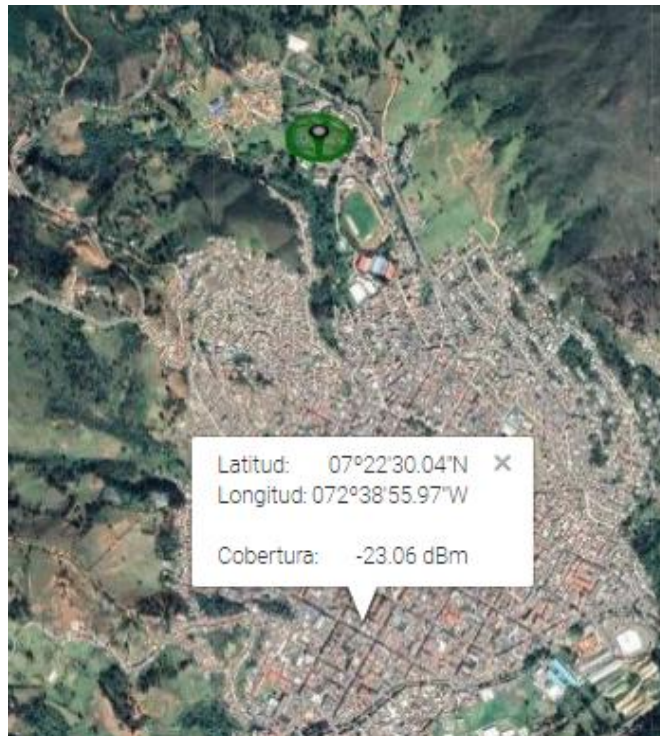
Figura 45 Información del estudio 800 w.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

Ahora veremos la potencia de transmisión en cada uno de los puntos que utilizemos, en este caso es el siguiente: Antena FM 1 latitud: 7°22'29.75"N, longitud: 72°38'55.89"O

Figura 46 Radiación del transmisor y nivel de recepción.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online



**Tabla 18 Datos arrojados por Xirio-Online.**

Receptores	Nivel Rx dBm
Antena FM1	-23.06
Antena FM2	-27.45
Antena FM3	-6.78
Antena FM4	-35.09
Antena FM5	-25.51
Antena FM6	-6.78
Antena FM7	-35.09
Antena FM8	-0.68
Antena FM9	-6.74
Antena FM10	-37.11
Antena FM11	-47.29

Fuente: Autor

#### 4.5.2 Simulación de la propuesta N° 1 Ampliación de la potencia y ganancia

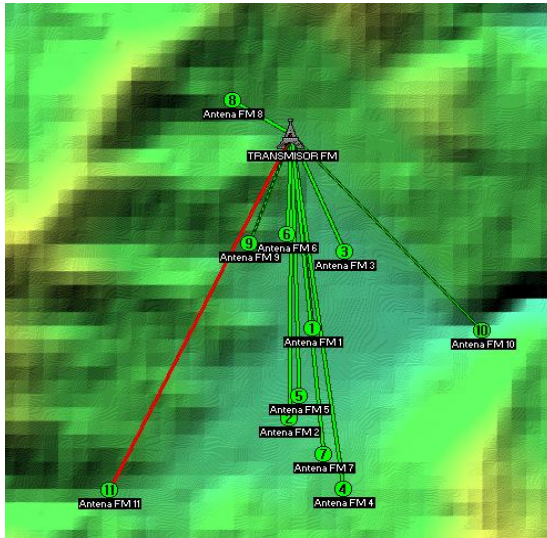
Para la simulación en los respectivos softwares se tienen en cuentas los parámetros requeridos para la ampliación y se tienen de la siguiente manera:

- Frecuencia 94.9 MHz
- Potencia de Transmisión: 5 KW
- Ganancia de la antena: 3.2 dBd
- La georreferenciación de las antenas receptoras: Expuesta en la Tabla 16.
- Ubicación del sistema radiante: Latitud 7° 23' 12,5" N  
Longitud 72° 39' 00,1" O

##### 4.5.2.1 Simulación en Radio Mobile

A continuación, se presentan las simulaciones realizadas con Radio Mobile.

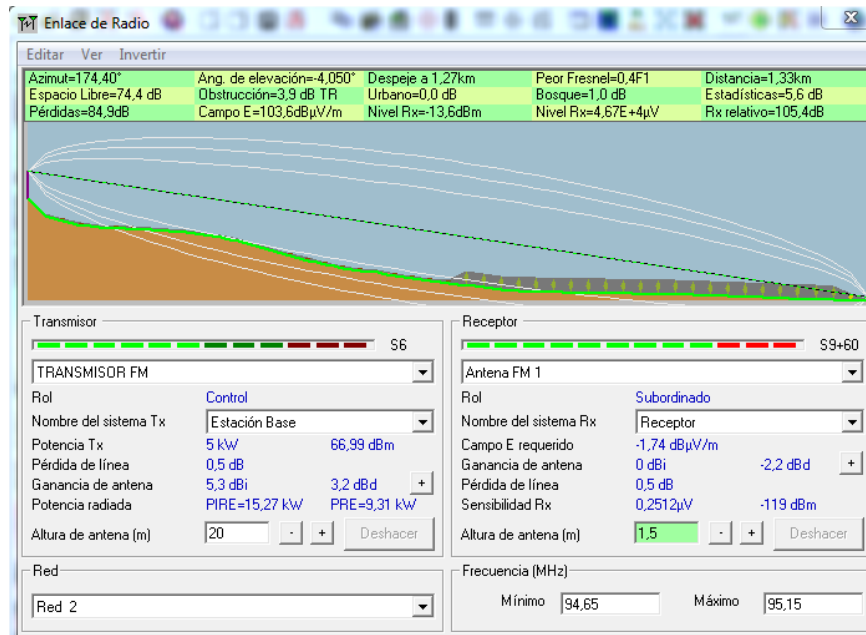
**Figura 47 Vista de enlaces entre transmisor y receptor.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 47, se observan los diferentes radioenlaces desde el transmisor hasta cada uno de los puntos de recepción, en esta se observan las diferentes tonalidades en los puntos, los enlaces de línea verde indican que hay línea de vista, el color amarillo indica que los niveles de recepción varían y el color rojo indica que no hay Línea de vista.

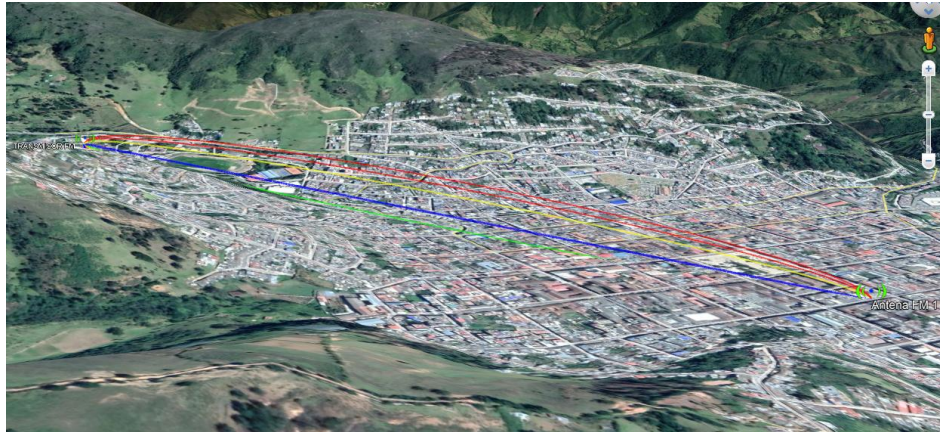
**Figura 48 Análisis mediante enlace de radio.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile.

En la Figura 48, se observa el radioenlace desde el transmisor FM a la antena receptora FM 1 cuya ubicación se encuentra registrada en la Tabla 6, en esta se observa el nivel de recepción que existe en este punto que es de -13 dBm.

**Figura 49 Radioenlace exportado de radio Mobile en Google Earth.**

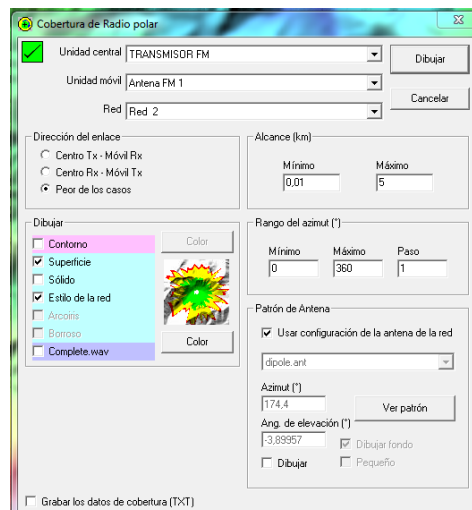


Fuente: Creación de un estudio con la aplicación Google Earth.

En la Figura 49 se observa el radioenlace punto a punto desde el transmisor FM hasta la antena receptora FM 1, exportado desde Radio Mobile a Google Earth donde se percibe la zona de Fresnel.

Análisis de cobertura mediante el modo polar simple

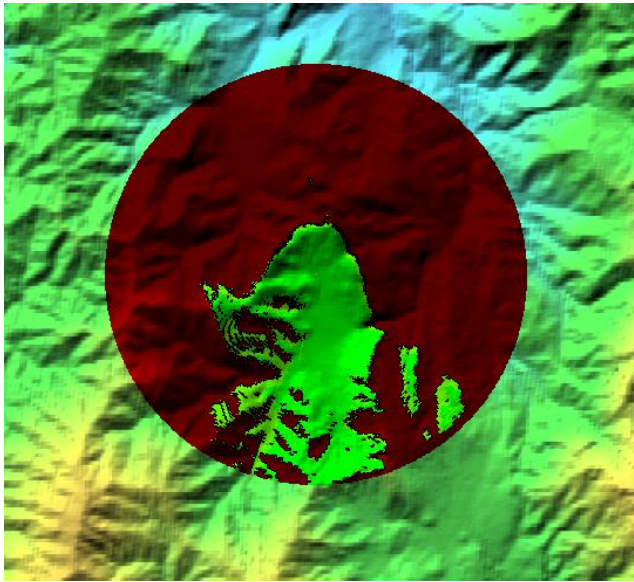
**Figura 50 Análisis mediante el modo polar simple.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

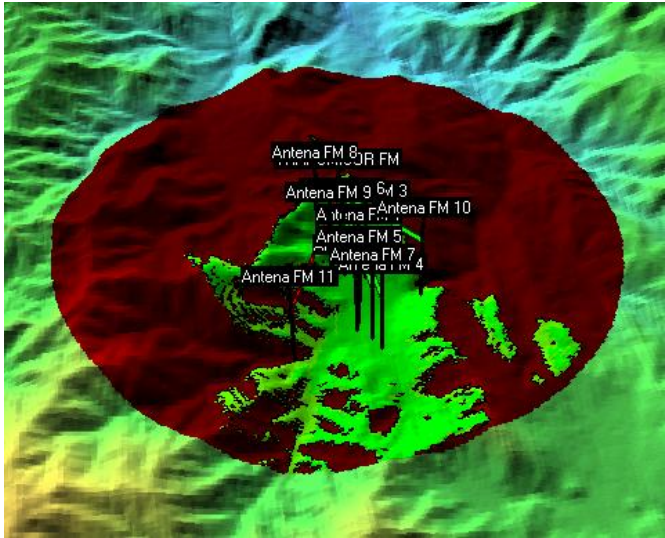
Por último, se obtuvo la cobertura del transmisor FM visto a una altura de 20 km y con un radio de 5 km enmarcados en color rojo.

**Figura 51 Cobertura del transmisor FM.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

**Figura 52 Cobertura del transmisor FM en 3D altura 10 km radio 5km ubicación de los Rx a 800 w.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

**Tabla 19 Datos en Radio Mobile con la altura de la antena ubicada a 20 metros con respecto al suelo y potencia de transmisión de 5000 w.**

Receptores	Azimut	Ang. De Elevación	Distancia Km	Perdidas dB	Espacio libre dB	Campo E. dBuV/m	Nivel Rx dBm	Rx relativo dB
Antena FM1	174,40 °	3,900 °	1,33	88,8	74,7	100	-13,6	101
Antena FM2	180,60 °	2,432 °	1,94	90,9	78	97,9	-18,1	99,4
Antena FM3	157,61 °	6,101 °	0,87	79,4	71	109,5	-6,4	111
Antena FM4	172,33 °	0,500 °	2,44	90,4	79,9	98,4	-21,8	99,9
Antena FM5	178,60 °	2,864 °	1,79	88,5	77,3	100	-15,5	101
Antena FM6	182,53 °	5,548 °	0,69	86,3	69	102	-10,9	104
Antena FM7	174,84 °	1,357 °	2,19	90,4	79	98,4	-20,2	99,9
Antena FM8	301,95 °	2,711 °	0,44	69,7	65	119	2,6	120
Antena FM9	199,66 °	1,384 °	0,79	96,3	70,2	92,6	-16,4	94,1
Antena FM10	138,28 °	2,941 °	1,79	93,3	77,3	95	-23,6	97
Antena FM11	205,27 °	0,362 °	2,68	109	80,8	79,5	-34,5	81

Fuente: Autor

#### 4.5.2.2 Simulación Xirio-online

A continuación, se encuentran los resultados de la simulación en xirio- online, empleando la herramienta planing tool.

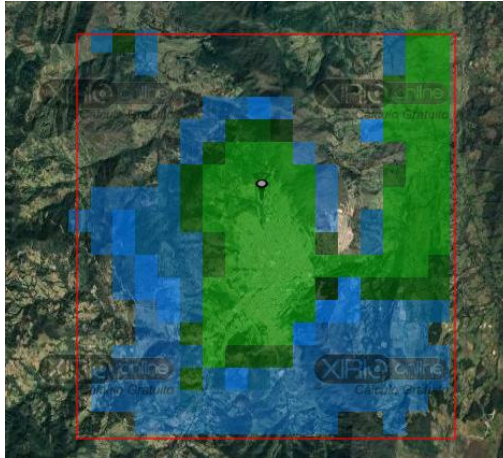
Para el proceso del cálculo de la cobertura de en Xirio Online se realizaron los mismos pasos de las Figuras 38, 39, 40, 41 y 42 con los ajustes requeridos para la primera propuesta, tales como la potencia de transmisión de 5 KW y así visualizar el área de cobertura.

**Figura 53 Área de cobertura**



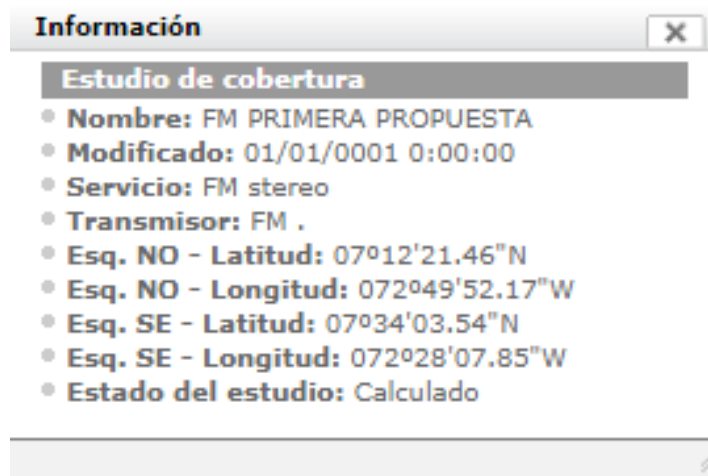
Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

Figura 54 Área de cobertura calculada 5000 w.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

Figura 55 Información del estudio 5000 w.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

Ahora veremos la potencia de trasmisión en cada uno de los puntos que utilizemos, en este caso es el siguiente: Antena FM 1 latitud: 7°22'29.75"N, longitud: 72°38'55.89"O

**Figura 56 Radiación del transmisor y nivel de recepción.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

Las potencias de recepción en Xirio Online en todos los puntos tomados se relacionan en la siguiente tabla:

**Tabla 20 Datos de potencia de recepción en los diferentes puntos por XIRIO online a 5000 w.**

<b>Receptores</b>	<b>Nivel Rx dBm</b>
<b>Antena FM1</b>	-15.11
<b>Antena FM2</b>	-19.49
<b>Antena FM3</b>	1.18
<b>Antena FM4</b>	-28.8
<b>Antena FM5</b>	-17.58
<b>Antena FM6</b>	1.17
<b>Antena FM7</b>	-28.08
<b>Antena FM8</b>	7.29
<b>Antena FM9</b>	1.22
<b>Antena FM10</b>	-28.98
<b>Antena FM11</b>	-39.40

Fuente: Autor

#### 4.5.3 Simulación de la Propuesta técnica N° 2 Reubicación sistema transmisor

Para la simulación en los respectivos softwares se tienen en cuentas los parámetros requeridos para la ampliación y se tienen de la siguiente manera:

- Frecuencia 94.9 MHz
- Potencia de Transmisión: 5 KW
- Ganancia de la antena: 3.2 dBd

- La georreferenciación de las antenas receptoras: Expuesta en la Tabla 16.
- Ubicación del sistema radiante: Latitud 7°23'22.06"N  
Longitud 72°39'0.30"O

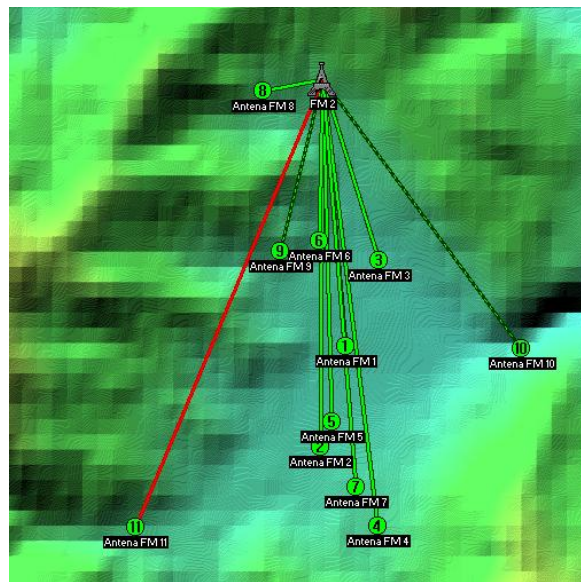
#### 4.5.3.1 Simulación Radio Mobile

A continuación, se observan los datos obtenidos del software Radio Mobile.

**Tabla 21** Coordenadas del transmisor FM según el estudio realizado por Falla.

Latitud	7°23'22.06"N	7,389611
Longitud	72°39'0.30"O	-72,65009
Altura	2421,3 metros	

**Figura 57** Vista de enlaces entre transmisor y receptor.

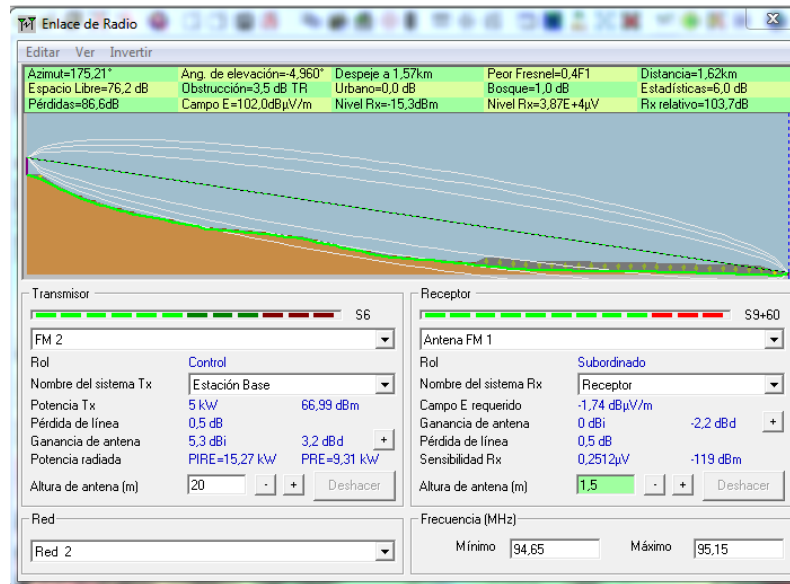


Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

En la Figura 57, se observa que el enlace directo entre el Transmisor FM y las Antenas FM, el color verde indica que hay línea de vista y el rojo que no existe debido a la zona montañosa.



**Figura 58 Análisis mediante enlace de radio.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile.

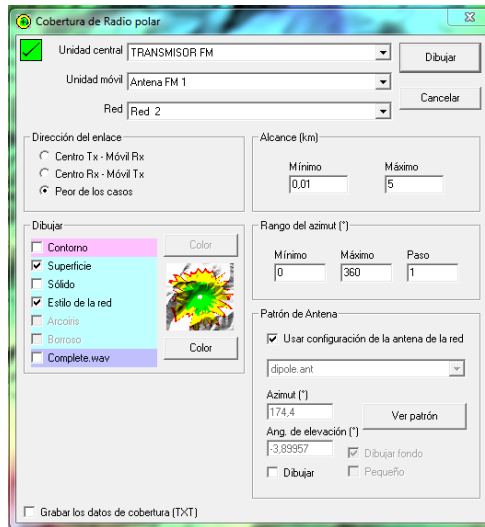
**Figura 59 Radioenlace exportado de radio Mobile en Google Earth.**



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación Google Earth.

Análisis de cobertura mediante el modo polar simple

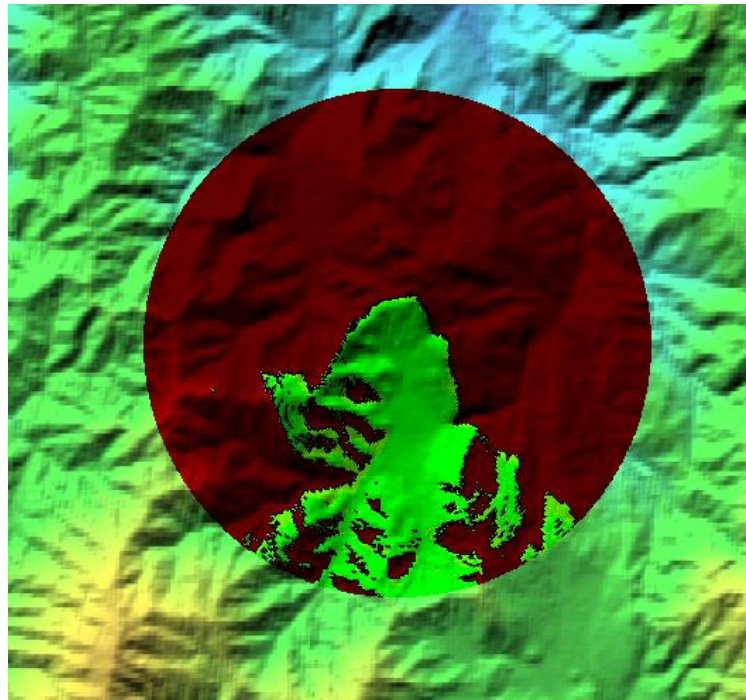
**Figura 60** Análisis mediante el modo polar simple.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

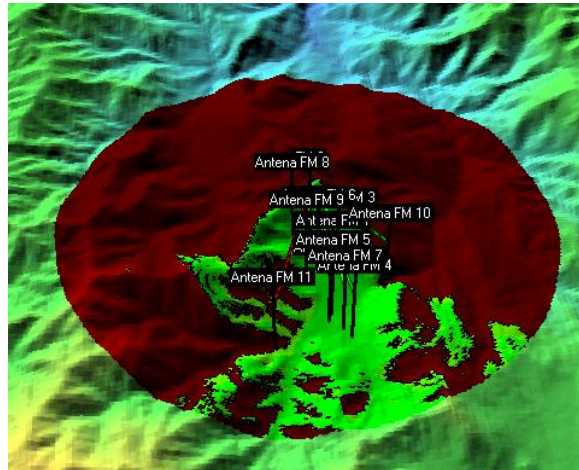
Por último, se obtuvo la cobertura del transmisor FM visto a una altura de 20 km y con un radio de 5 km enmarcados en color rojo.

**Figura 61** Cobertura del transmisor FM.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

Figura 62 Cobertura del transmisor FM en 3D altura 10 km radio 5km ubicación de los Rx a 5000 w.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación radio Mobile

Tabla 22 Datos de Radio Mobile con la torre a 20 metros 5000 w.

Receptores	Azimut	Ang. De Elevación	Distancia Km	Perdidas dB	Espacio libre dB	Campo E. dBuV/m	Nivel Rx dBm	Rx relativo dB
Antena FM1	174,40 °	3,900 °	1,33	90,2	76,4	98,6	-15,3	100
Antena FM2	180,60 °	2,432 °	1,94	91,8	79,2	97,1	-19,2	98,5
Antena FM3	157,61 °	6,101 °	0,87	81,9	73,5	106,9	-10,1	108,4
Antena FM4	172,33 °	0,500 °	2,44	90,7	80,9	98,2	-23,3	99,6
Antena FM5	178,60 °	2,864 °	1,79	90,5	78,6	98,4	-16,6	99,8
Antena FM6	182,53 °	5,548 °	0,69	92	72,1	96,9	-14,1	98,4
Antena FM7	174,84 °	1,357 °	2,19	90,2	80,1	98,6	-21,3	100,1
Antena FM8	301,95 °	2,711 °	0,44	71,5	63,6	117	1,3	118,8
Antena FM9	199,66 °	1,384 °	0,79	98,3	72,8	90,5	-19,3	92
Antena FM10	138,28 °	2,941 °	1,79	95,9	78,4	92,9	-26,3	94,4
Antena FM11	205,27 °	0,362 °	2,68	112,1	81,6	76,8	-35,4	78,2

Fuente: Autor

#### 4.5.3.2 simulación Xirio-online

A continuación, se muestran los resultados de la simulación en xirio- online, empleando la herramienta planing tool.

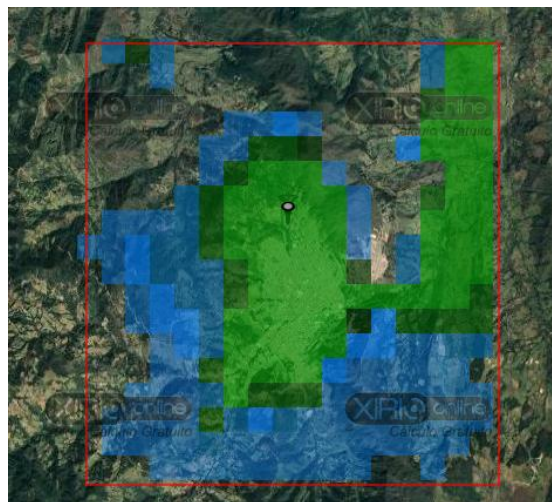
Para el proceso del cálculo de la cobertura de en Xirio Online se realizaron los mismos pasos de las Figuras 38, 39, 40, 41 y 42 con los ajustes requeridos para la primera propuesta, tales como el transmisor operando desde otro punto de ubicación que se encuentra en la Tabla 21, a una potencia de transmisión de 5 KW y así visualizar el área de cobertura en la Figura 63, en la Figura 64 se encuentra el área calculada donde el color verde denota el alcance del transmisor en el casco urbano de Pamplona y el área azul son las zonas sombra.

**Figura 63** Área de cobertura



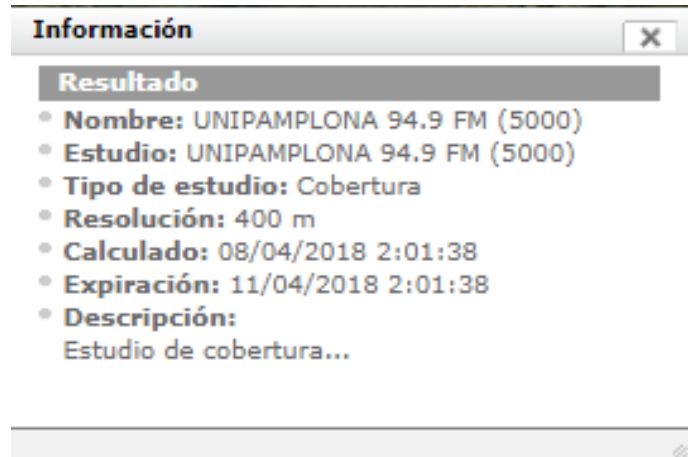
Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

**Figura 64** Área de cobertura calculada 5000 w.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

Figura 65 Información del estudio 5000 w.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

Ahora veremos la potencia de transmisión en cada uno de los puntos que utilizemos, en este caso es el siguiente: Antena FM 1 latitud: 7°22'29.75"N, longitud: 72°38'55.89"O

Figura 66 Radiación del transmisor y nivel de recepción.



Fuente: Creación de un estudio con la aplicación XIRIO-Online

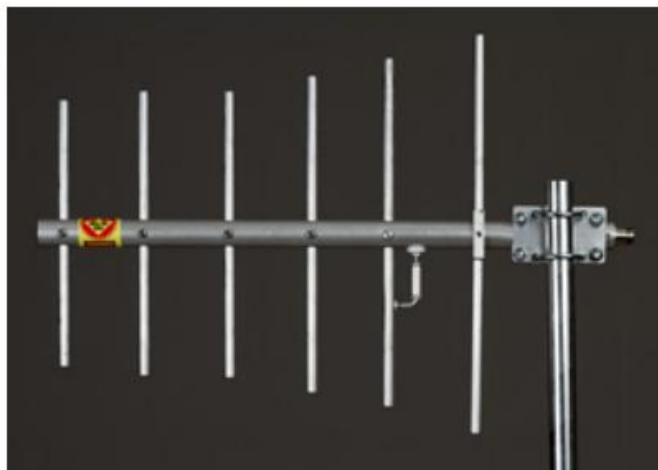
**Tabla 23 Datos de potencia de recepción en los diferentes puntos por XIRIO online a 5000 w.**

<b>Receptores</b>	<b>Nivel Rx dBm</b>
Antena FM1	-17.63
Antena FM2	-21.09
Antena FM3	-15.16
Antena FM4	-22.40
Antena FM5	-19.53
Antena FM6	-15.15
Antena FM7	-22.40
Antena FM8	-7.23
Antena FM9	-15.11
Antena FM10	-22.51
Antena FM11	-23.81

Fuente: Autor

### 4.5.3.3 Radioenlace

**Figura 67 Antena yagui**



Fuente: <http://www.kappaltda.com>

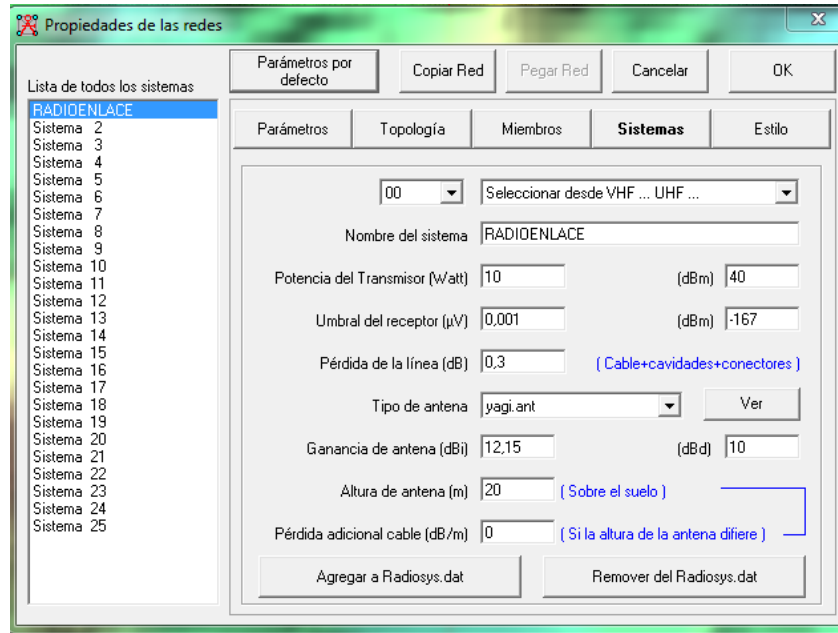
Tabla 24 Especificaciones técnicas de la antena yagui

GENERAL SPECIFICATIONS	PHYSICAL SPECIFICATIONS
<b>Frequency Range:</b> 300-350 MHz	<b>Mounting Type:</b> Rear extended boom
<b>Bandwidth:</b> 12 MHz	<b>Input Connector:</b> Type "N" Female
<b>VSWR Over Bandwidth:</b> 1.5:1	<b>Input Cable Provided:</b> None
<b>Power Rating:</b> 300 W	<b>Radiator Material:</b> Aluminum
<b>Input Impedance:</b> 50 Ohms	<b>Base and Fittings Material:</b> Aluminum
<b>Gain at Mid-Frequency:</b> 10 dBd	<b>Number of Bays or Elements:</b> 6
<b>Gain, Isotropic:</b> 12.15 dBi	<b>Length:</b> 2.4 ft
<b>Polarization:</b> Horizontal or Vertical	<b>Wind Area, CaAc per TIA/EIA:</b> .8 SqFt
<b>Isolation:</b> 20 dB	<b>Max Wind Survival:</b> 150 MPH
<b>Radiation Pattern:</b> Directional	<b>Lightning Protection:</b> Direct Ground
<b>3dB Beamwidth, Horizontal:</b> 45 degrees	<b>Weight:</b> 4 lbs
<b>3dB Beamwidth, Vertical:</b> 60 degrees	<b>Shipping Dimensions:</b> 5" x 5" x 30"
<b>Front/Back Ratio:</b> 20 dB	<b>Shipping Weight:</b> 5 lbs

Fuente: <http://www.kappaltda.com>

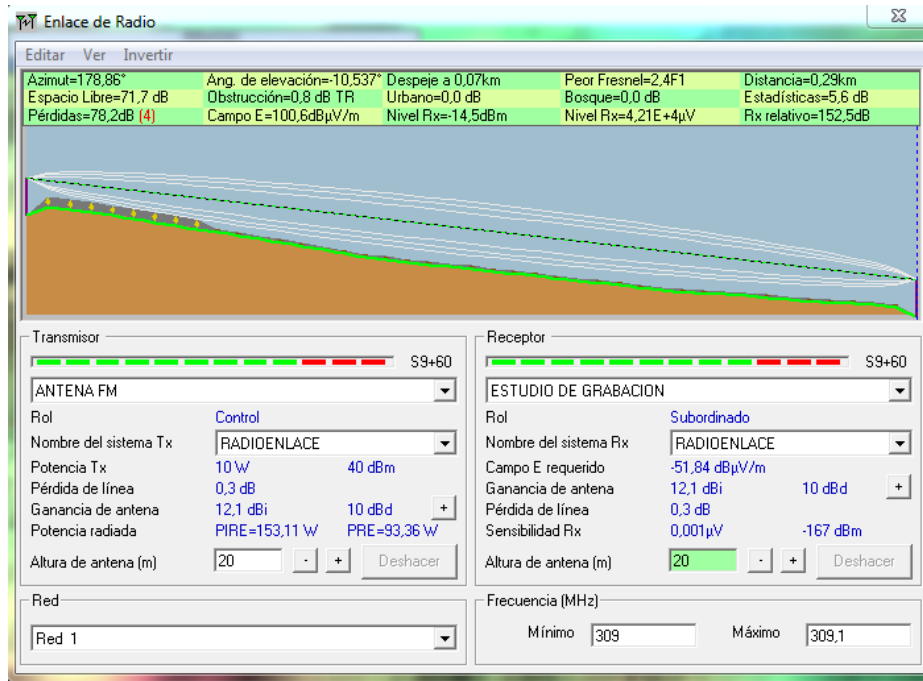
Aplicando los pasos detallados en las Figuras 25, 26, 27, 28 y 29 y las especificaciones técnicas y la configuración del radioenlace se obtiene el siguiente resultado:

Figura 68 Datos Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación



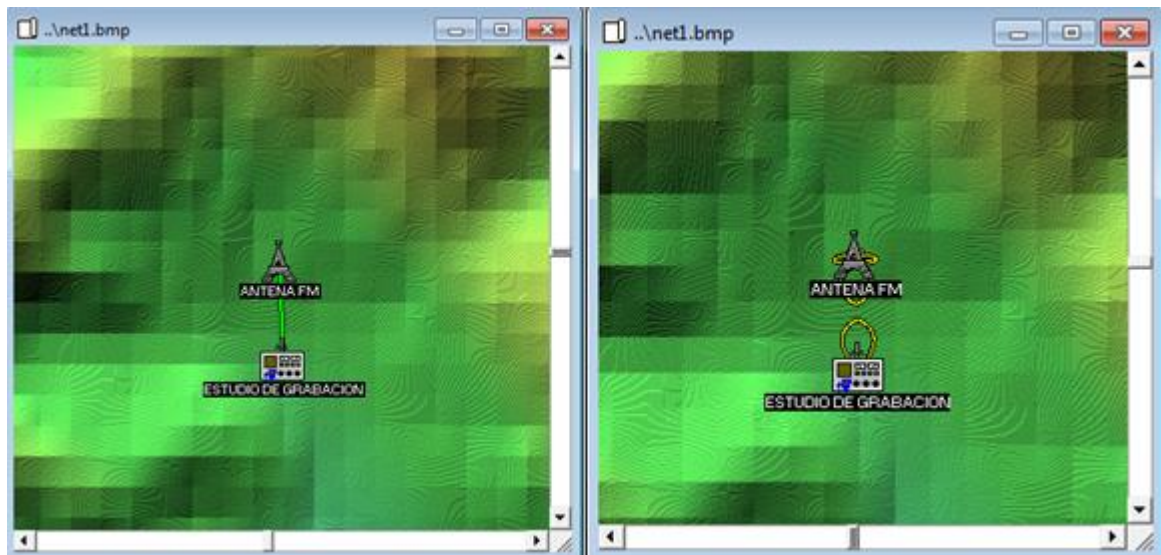
Fuente: Imagen extraída de Radio Mobile

**Figura 69 Datos Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación**



Fuente: Imagen extraída de Radio Mobile

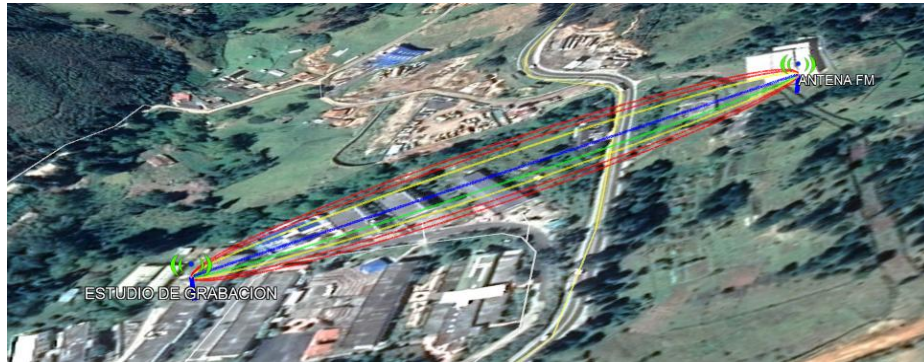
**Figura 70 Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación**



Fuente: Imagen extraída de Radio Mobile



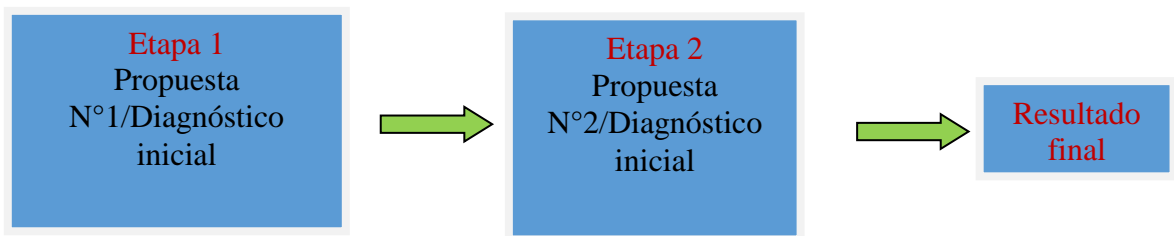
**Figura 71 Radioenlace entre la torre y el estudio de grabación visto en Google Earth**



Fuente: Imagen extraída de Google Earth

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se divide en dos etapas, primero se comparan los resultados de la primera propuesta respecto al el diagnóstico inicial la cual se toma de referencia, para así obtener el análisis de resultados de la primera fase. En la segunda fase se comparó el resultado final con el diagnóstico inicial y así validar cuál de las dos etapas presenta mejores comportamientos



### 5.1 ETAPA 1 PROPUESTA N° 1 / DIAGNOSTICO INICIAL

En esta etapa se encuentran los resultados del proyecto, tales como las tablas comparativas del estado inicial donde se hizo el diagnostico cuyos valores son los obtenidos de las mediciones comparados con los valores simulados en los softwares de Radio Mobile Xirio-Online y Google Earth.

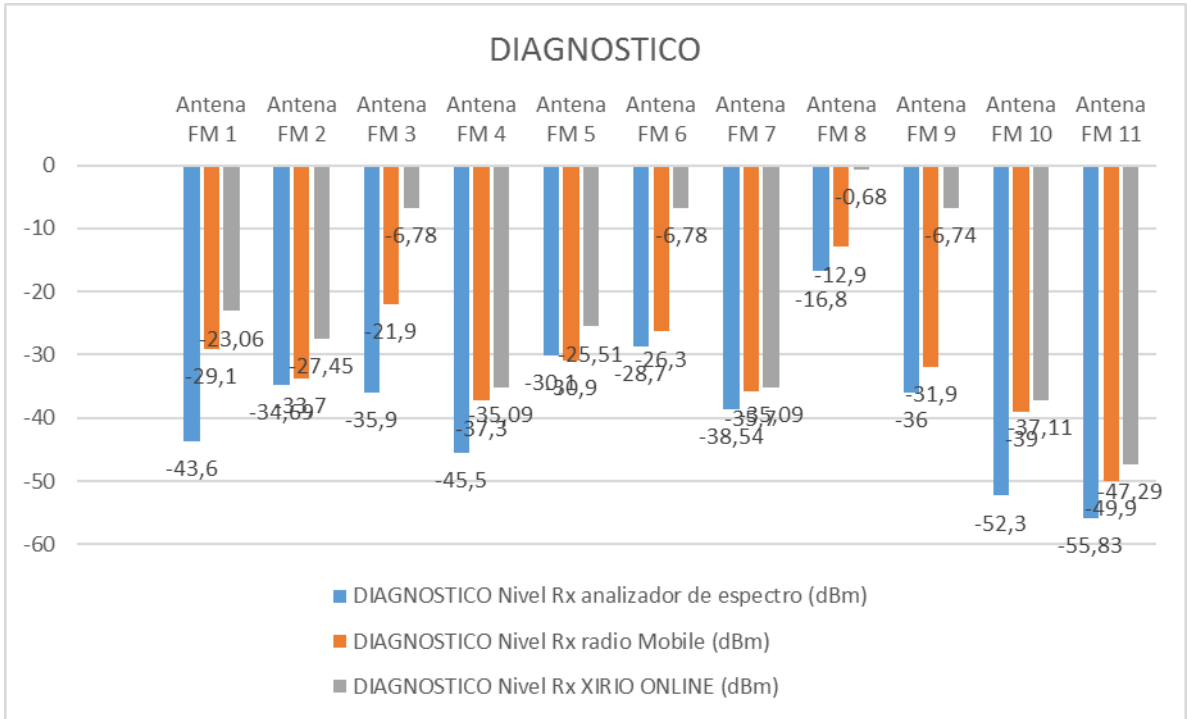
**Tabla 25 Comparación de datos de recepción medidos y simulados Tx a 800 w.**

DIAGNOSTICO			
Receptores	Nivel Rx analizador de espectro (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)
Antena FM 1	-43,6	-29,1	-23,06
Antena FM 2	-34,69	-33,7	-27,45
Antena FM 3	-35,9	-21,9	-6,78
Antena FM 4	-45,5	-37,3	-35,09
Antena FM 5	-30,1	-30,9	-25,51
Antena FM 6	-28,7	-26,3	-6,78
Antena FM 7	-38,54	-35,7	-35,09
Antena FM 8	-16,8	-12,9	-0,68
Antena FM 9	-36	-31,9	-6,74
Antena FM 10	-52,3	-39	-37,11
Antena FM 11	-55,83	-49,9	-47,29

Fuente: Autor

En la Tabla 25 se observa los datos obtenidos para cada uno de los puntos receptores, en las diferentes columnas se encuentra columna 1 el nivel de recepción del analizador de espectro, en la segunda columna se encuentra el nivel de recepción obtenidos de Radio Mobile y en la tercera columna el nivel de recepción de Xirio- Online.

**Figura 72 Diagnóstico inicial, valores medidos comparados con los simulados**



Fuente: Autor

En la figura 68 se puede observar los valores relacionados con las mediciones referentes al diagnóstico inicial del sistema de transmisión, en la cual se observa una variación en cada uno de los puntos establecidos para visualizar el umbral de recepción, cada uno de los colores representa un puesto y que cada uno de los colores representa una medida tales como el color azul representa los resultados de los datos del analizador de espectro el rojo son los datos de radio Mobile y el color verde representa los datos de Xirio-Online.

Se observa que varía los niveles en cada una de las barras, la diferencia promedio entre los datos del analizador de espectro y radio Mobile son de un -10 dBm mientras que los datos de Xirio-Online, están entre los -20 dBm, esto se debe a que las características reales no las puedo suministrar en el simulador de xirio y por esta razón está más lejos de los valores reales donde se tienen en cuenta muchos parámetros, se observa que en radio Mobile los valores son más cercanos, se debe a que en el momento de especificar los parámetros el software tiene más espacios a tener en cuenta para la validación y su rango es mucho menor

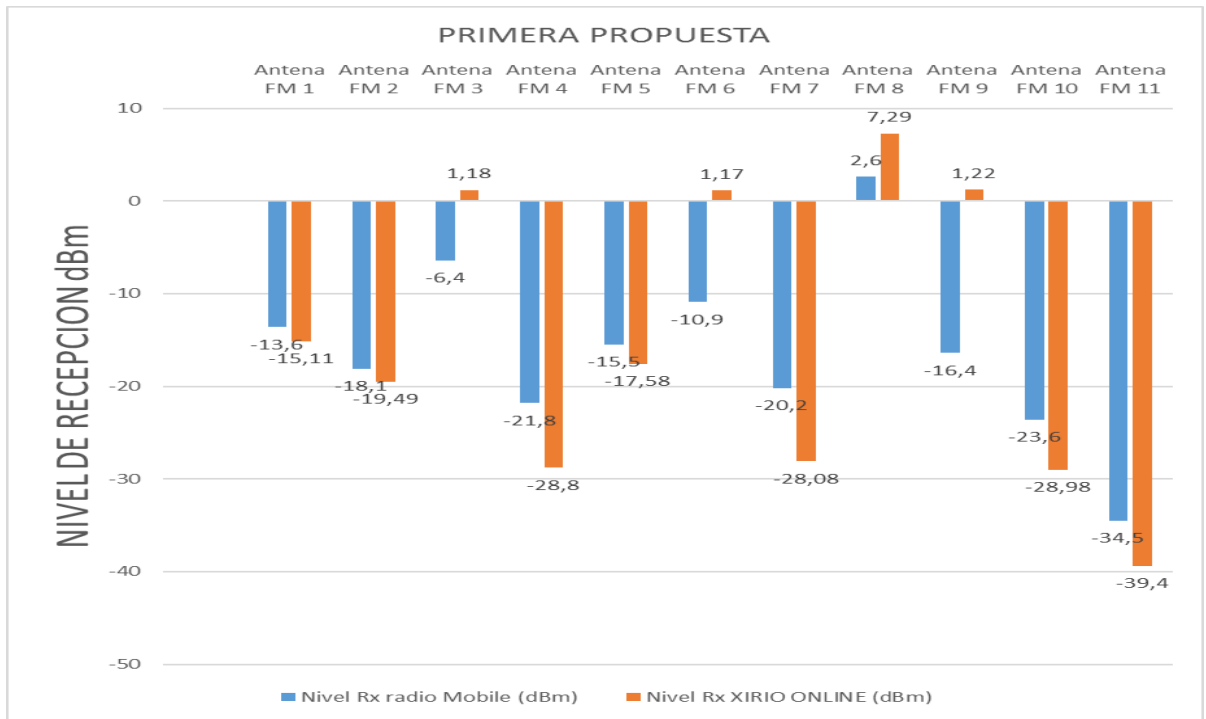
Cuadro comparativo de la primera propuesta realizados en radio Mobile y Xirio Online

Tabla 26 Comparación de resultados simulados de la 1 propuesta.

1 PROPUESTA		
Receptores	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)
Antena FM 1	-13,6	-15,11
Antena FM 2	-18,1	-19,49
Antena FM 3	-6,4	1,18
Antena FM 4	-21,8	-28,8
Antena FM 5	-15,5	-17,58
Antena FM 6	-10,9	1,17
Antena FM 7	-20,2	-28,08
Antena FM 8	2,6	7,29
Antena FM 9	-16,4	1,22
Antena FM 10	-23,6	-28,98
Antena FM 11	-34,5	-39,4

Fuente: Autor

Figura 73 Tabla comparativa de la primera propuesta entre radio Mobile y Xirio



Fuente: Autor

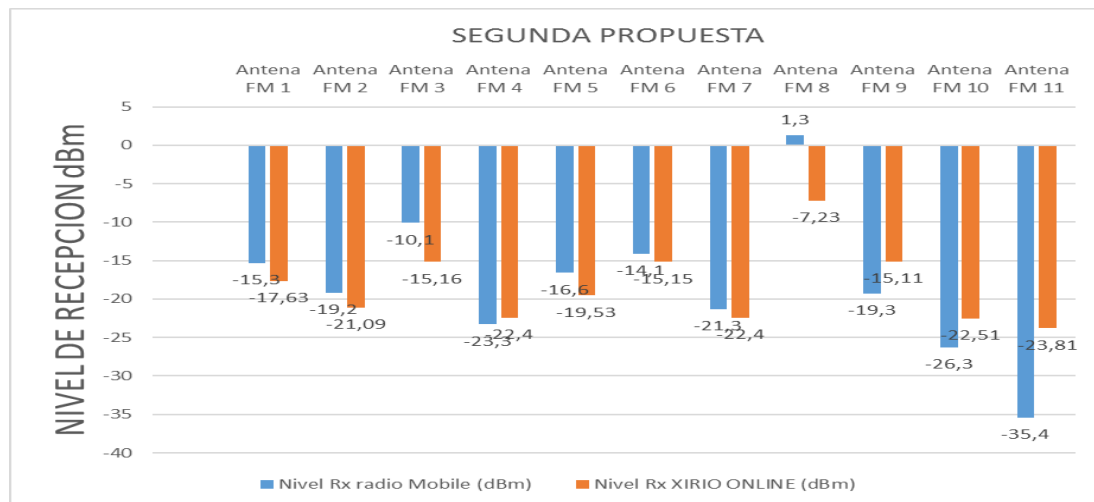
En la Figura 65 se observa que hay una diferencia de aproximadamente -10 dBm entre radio Mobile y Xirio Online, en cada uno de los aplicativos varían las características y las especificaciones solicitadas en cada uno de los datos ingresados, también se entiende que cada uno del software maneja dos modelos diferentes, radio Mobile maneja el modelo de Long ley rice mientras que Xirio Online UIT-R P. 1546-4 en la cual se manejan parámetros variantes al hacer la comparación de dichos resultados.

**Tabla 27 Comparación de resultados simulados de la 2 propuesta.**

2 PROPUESTA		
Receptores	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)
Antena FM 1	-15,3	-17,63
Antena FM 2	-19,2	-21,09
Antena FM 3	-10,1	-15,16
Antena FM 4	-23,3	-22,4
Antena FM 5	-16,6	-19,53
Antena FM 6	-14,1	-15,15
Antena FM 7	-21,3	-22,4
Antena FM 8	1,3	-7,23
Antena FM 9	-19,3	-15,11
Antena FM 10	-26,3	-22,51
Antena FM 11	-35,4	-23,81

Fuente: Autor

**Figura 74 Tabla comparativa de la segunda propuesta entre radio Mobile y Xirio**



Fuente: Autor

En la Figura 66 se denota que existe una diferencia debido a las especificaciones técnicas del software aplicados en el estudio de la cobertura. Teniendo en cuenta la normativa de la radiodifusión y categoría de accesibilidad le la norma k 52 donde expresa el nivel de exposición de las personas a la radiodifusión.

**Tabla 28 Comparación diagnostico vs 1 propuesta.**

Receptores	DIAGNOSTICO			1 PROPUESTA	
	Nivel Rx analizador de espectro (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)
Antena FM 1	-43,6	-29,1	-23,06	-13,6	-15,11
Antena FM 2	-34,69	-33,7	-27,45	-18,1	-19,49
Antena FM 3	-35,9	-21,9	-6,78	-6,4	1,18
Antena FM 4	-45,5	-37,3	-35,09	-21,8	-28,8
Antena FM 5	-30,1	-30,9	-25,51	-15,5	-17,58
Antena FM 6	-28,7	-26,3	-6,78	-10,9	1,17
Antena FM 7	-38,54	-35,7	-35,09	-20,2	-28,08
Antena FM 8	-16,8	-12,9	-0,68	2,6	7,29
Antena FM 9	-36	-31,9	-6,74	-16,4	1,22
Antena FM 10	-52,3	-39	-37,11	-23,6	-28,98
Antena FM 11	-55,83	-49,9	-47,29	-34,5	-39,4

Fuente: Autor

**Tabla 29 Comparación diagnostico vs 2 propuesta**

Receptores	DIAGNOSTICO			2 PROPUESTA	
	Nivel Rx analizador de espectro (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)
Antena FM 1	-43,6	-29,1	-23,06	-15,3	-17,63
Antena FM 2	-34,69	-33,7	-27,45	-19,2	-21,09
Antena FM 3	-35,9	-21,9	-6,78	-10,1	-15,16
Antena FM 4	-45,5	-37,3	-35,09	-23,3	-22,4
Antena FM 5	-30,1	-30,9	-25,51	-16,6	-19,53
Antena FM 6	-28,7	-26,3	-6,78	-14,1	-15,15
Antena FM 7	-38,54	-35,7	-35,09	-21,3	-22,4
Antena FM 8	-16,8	-12,9	-0,68	1,3	-7,23
Antena FM 9	-36	-31,9	-6,74	-19,3	-15,11
Antena FM 10	-52,3	-39	-37,11	-26,3	-22,51
Antena FM 11	-55,83	-49,9	-47,29	-35,4	-23,81

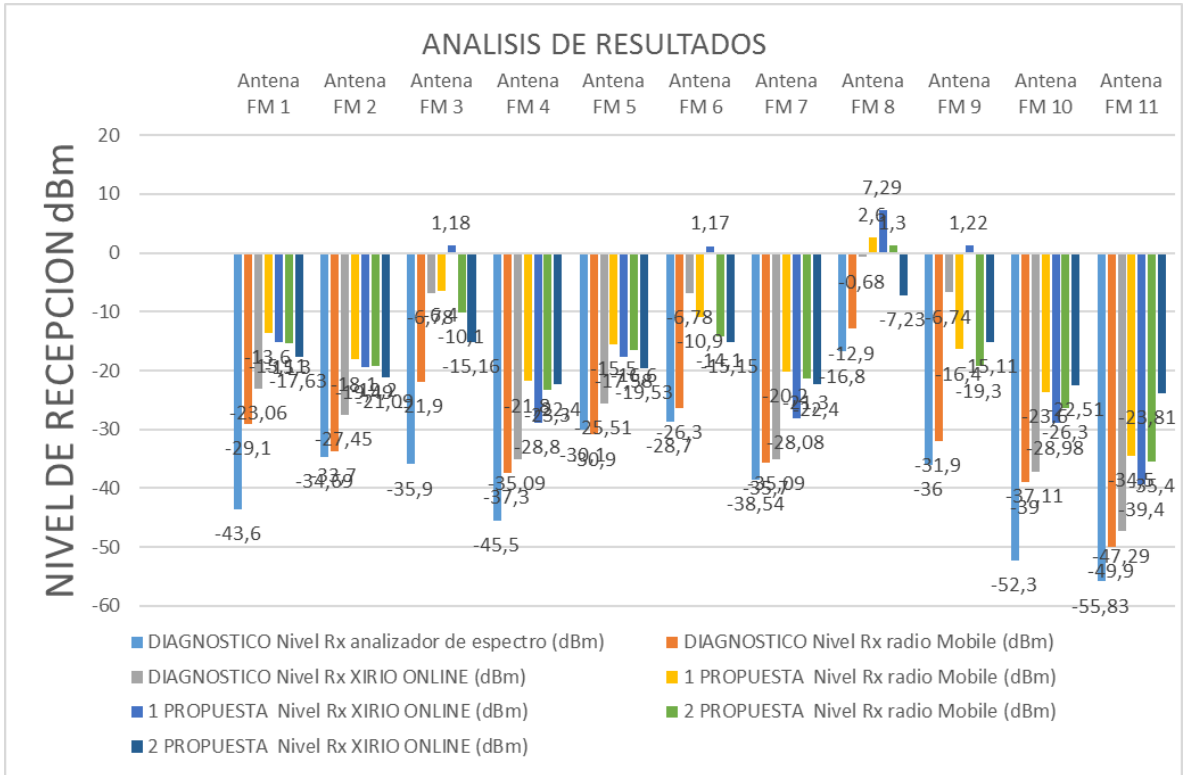
Fuente: Autor

**Tabla 30 Análisis de resultados**

ANALISIS DE RESULTADOS							
Receptores	DIAGNOSTICO			1 PROPUESTA		2 PROPUESTA	
	Nivel Rx analizador de espectro (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)	Nivel Rx radio Mobile (dBm)	Nivel Rx XIRIO ONLINE (dBm)
Antena FM 1	-43,6	-29,1	-23,06	-13,6	-15,11	-15,3	-17,63
Antena FM 2	-34,69	-33,7	-27,45	-18,1	-19,49	-19,2	-21,09
Antena FM 3	-35,9	-21,9	-6,78	-6,4	1,18	-10,1	-15,16
Antena FM 4	-45,5	-37,3	-35,09	-21,8	-28,8	-23,3	-22,4
Antena FM 5	-30,1	-30,9	-25,51	-15,5	-17,58	-16,6	-19,53
Antena FM 6	-28,7	-26,3	-6,78	-10,9	1,17	-14,1	-15,15
Antena FM 7	-38,54	-35,7	-35,09	-20,2	-28,08	-21,3	-22,4
Antena FM 8	-16,8	-12,9	-0,68	2,6	7,29	1,3	-7,23
Antena FM 9	-36	-31,9	-6,74	-16,4	1,22	-19,3	-15,11
Antena FM 10	-52,3	-39	-37,11	-23,6	-28,98	-26,3	-22,51
Antena FM 11	-55,83	-49,9	-47,29	-34,5	-39,4	-35,4	-23,81

Fuente: Autor

Figura 75 Análisis general de resultados.



Fuente: Autor

El diagrama de bloques general, muestra el comparativo de del diagnóstico inicial con las propuestas hechas para el mejoramiento de la cobertura; se puede observar el incremento que existe ampliando la potencia de transmisión e incrementando el nivel del terreno montañoso que existe una diferencia significativa y esto conllevaría a tener una mejor cobertura.

## 5.2 VALORACION DE LAS PROPUESTAS A NIVEL TECNICO

De acuerdo al análisis de resultados se selecciona la propuesta técnica 2 como la más apropiada para la ampliación de cobertura actual ya que esta cumple con todas las especificaciones técnicas expuestas en la radiodifusión sonora de la resolución 1645.

En la ampliación de cobertura se tendrán en cuenta algunas características propias a emplear, las cuales consisten en la ampliación del equipo transmisor de 5 kW, la ampliación del sistema radiante a dos dipolos, el equipo de radioenlace y el sistema eléctrico.



Según lo establecido anteriormente la formulación de la propuesta se desarrollará por fases de la siguiente manera:

#### 5.2.1 Fase 1. Adecuación

En esta fase se tendrá en cuenta la adecuación del sitio del sistema radiante donde se emplearán las actividades para desmonte de la torre con la normatividad establecida, entre las actividades a tener en cuenta son:

1. Nivelar el terreno de tal manera que se permita dar continuidad al siguiente paso
2. Realizar excavación
3. Realizar cimentación
4. Desmonte del mástil
5. Realizar mantenimiento al mástil
6. Pintar las partes del mástil

#### 5.2.2 Fase 2. Sistema Eléctrico

1. Alimentación del transmisor
2. Puesta a tierra
3. Pararrayo
4. Balizas
5. Distribución de la red eléctrica

#### 5.2.3 Fase 3. Estructura

1. Instalación del Gabinete
2. Ubicación de los dipolos
3. Estructuración del cableado
4. Instalación de la ductería.
5. Ubicación e instalación del mástil de la antena.

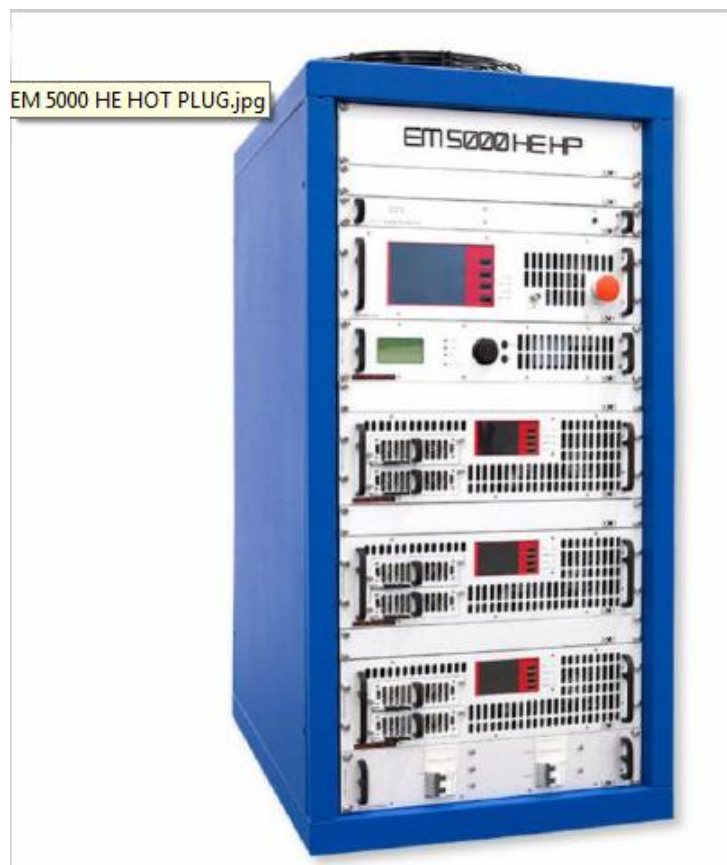
#### 5.2.4 Fase 4. Montaje

1. Configuración del radioenlace.
2. Dejar en funcionamiento el transmisor.
3. Instalación y pruebas de transmisión y recepción.

## 5.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

### 5.3.1 Transmisor FM

Figura 76 Equipo Transmisor FM



Fuente: <http://omb.com/product/fm-transmitter-em-5000-he-hot-plug/>

Tabla 31 Características Transmisor FM

<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
<b>AMPLIFICADOR FMA 5000 HE</b>	
<b>RANGO DE FRECUENCIA</b>	87.5-108MHz
<b>PÉRDIDAS DE RETORNO EN ENTRADA</b>	-20dB
<b>POTENCIA DE ENTRADA</b>	25W
<b>POTENCIA DE SALIDA</b>	5KW nominal, regulable manual y automáticamente
<b>EFICIENCIA TOTAL</b>	>73% típico
<b>EFICIENCIA RF</b>	80% típico
<b>REFRIGERACIÓN</b>	Aire forzado. Control de velocidad de ventiladores
<b>NIVEL DE ARMÓNICOS</b>	-80dBc
<b>IMPEDANCIA DE ENTRADA/SALIDA</b>	50Ω
<b>CONECTOR RF ENTRADA</b>	N(H)
<b>CONECTOR RF SALIDA</b>	EIA 1+5/8"
<b>CONECTOR RF DE MONITOR</b>	BNC(H)
<b>ALIMENTACIÓN</b>	230VAC ±15% → 195 ÷ 265VAC, 50/60Hz TRIFASICA 380VAC ±15%
<b>CONSUMO</b>	6800 VA
<b>PROTECCIONES</b>	Potencia reflejada, directa, sobre excitación y sobre corriente en los módulos. Protección por temperatura "inteligente". Protección ultra-rápida ante exceso de potencia reflejada y potencia de entrada. Registro en tiempo real de eventos. Inhibición del excitador
<b>TELEMETRÍA Y TELECONTROL</b>	Telemetría analógica (medida de potencia directa y reflejada). Telemetría y control remoto digital RS232. Control remoto por contactos abiertos/cerrados. Opcional: SNMP/IP/Webserver
<b>TEMPERATURA DE TRABAJO</b>	-5 a +40°C
<b>PESO</b>	190Kg aprox.
<b>DIMENSIONES</b>	138x59x90cm

Fuente: <https://www.inget.co/sistema-de-enlaces-300-330-mhz-radioenlaces.html>

### 5.3.2 Radioenlace

**Figura 77 Radioenlace de 300 MHz a 330 MHz FM**



Fuente: <https://www.inget.co/sistema-de-enlaces-300-330-mhz-radioenlaces.html>

## Especificaciones técnicas

**Tabla 32 Especificaciones técnicas**

Estas son las características técnicas más significativas:

Potencia de Salida- 10W  
Conectores- Tipo PL ó BNC  
Supresión de Armónicos- >60 dbc  
Sintonización- Selectiva.  
Voltaje de operación- 130 máx.  
Tipo de transistor Final – Modulo Banda Ancha.  
Frecuencia de operación- 300 a 330 Mhz para otras bandas CONSULTAR.  
Impedancia de Entrada- 1K Desbalanceada  $\Omega$ .  
Impedancia de salida- 50  $\Omega$ .  
Tecnología- Análogo/digital.  
Ventilación- Forzada.  
Dimensiones- 19" X 15" alto 4".  
Rango de temperatura- 33 Grados.  
Nivel máximo de potencia Reflejada- 3 Vatios.  
Sensibilidad del Receptor- Modo estéreo 1mV para SIN=60 dB.  
Modo mono 100 $\mu$ V para S/N=65 dB. Estabilidad de Frecuencia-  $\pm$  2ppm.  
Conector de RF de Entrada- Tipo PL Hembra.  
Conector de Banda Base Estéreo- Tipo BNC Hembra.  
Conector de Salida de Audio MPX- Tipo BNC Hembra.  
Respuesta de Frecuencias de Audio-  $\pm$  0,5dB dentro de la banda de 30Hz – 15KHz.  
Nivel de Entrada de Audio- Ajustable. 0dBm. nominal para desviación de  $\pm$ 75KHz Impedancia de Entrada de Audio- 10K $\Omega$  simétrica. Conector XLR hembra.

Fuente: <https://www.inget.co/sistema-de-enlaces-300-330-mhz-radioenlaces.html>

### 5.3.3 Balizas

**Figura 78 Baliza**



Fuente: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/tower-usage-medium-intensity-faa-xh-864-flashing-obstruction-light-60659165120.html>

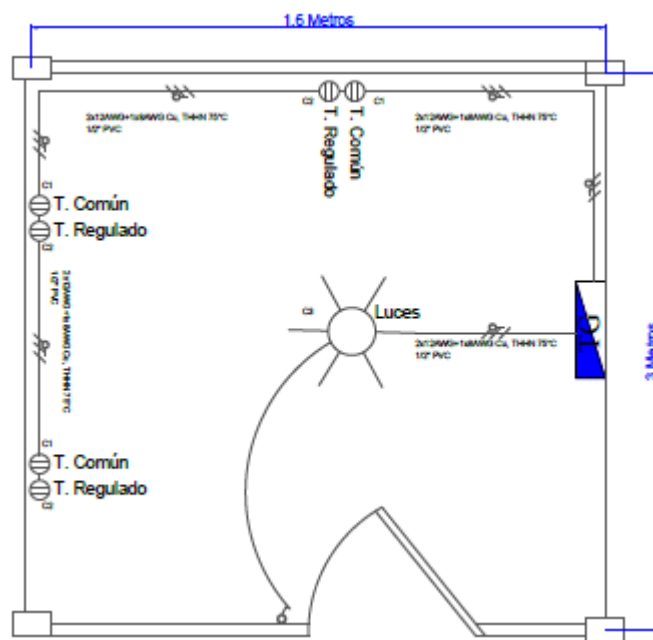
Características de la Baliza	
Voltaje de operación	AC 220V/6.6ª
Potencia de consumo	< 15W
Frecuencia flash	4 veces cada 2 segundos
Intensidad de iluminación	2500 cd
Fuente de Luz	Tubo de Xenon
Color de emisión	Blanco
Proteccion	IP65
Temperatura de operación	40 – 60 °C
Carga del viento	80 m/s
Peso	3 Kg
Dimesiones	200 mm x 180 mm x 380 mm
Dimensiones para instalacion	180 mm x 160 mm x M10
Precio	US 460

Artículo	Parámetro
Modelo	LE-7LW
Voltaje de funcionamiento	AC 12 V ~ 220 V
Consumo de energía	≤ 10 W
Frecuencia de parpadeo	20 ~ 60 veces/min o constante
Fuente de luz	Rojo CREE LED
Pico de intensidad de luz	> 16 00cd
Vida útil	> 100,000 horas
Emisión de color	Rojo
Tamaño total (mm)	45 0mm × 160mm
Tamaño de la instalación	95 mm 4 * M12
Diámetro de la base	120mm

Peso	1.5 kg
Protección del ingreso	IP 65
Luz controlada sensibilidad	0 ~ 50LUX
Garantía	5 años
Normal Voltaje Resistencia de aislamiento	2000 v/50 Hz , 1mA
Precio	US 100-200

### 5.3.4 Planos eléctricos

Figura 79 Planos eléctricos



Fuente: AutoCAD

## 5.4 DIAGRAMA DE GANTT

En el presente cronograma de Gantt se enlistan las actividades a seguir para la realización de la propuesta técnica escogida, la cual se realizará en 4 fases descritas en la Sección 5.2.

Fase	N° Actividad	Plazo	Semanas														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
FASE 1 ADECUACION	1. Nivelar el terreno de tal manera que se permita dar continuidad al siguiente paso	1 semana	■														
	2. Realizar excavación	1 semana	■														
	3. Realizar cimentación	1 semana	■														
	4. Desmonte del mástil	1 semana		■													
	5. Realizar mantenimiento al mástil	1 semana		■													
	6. Pintar las partes del mástil	1 semana			■												
Fase 2 Sistema Eléctrico	7. Alimentación del transmisor	1 semana				■											
	8. Puesta a tierra	1 semana				■											
	9. Pararrayo	1 semana					■										
	10. Instalación de las Balizas	1 semana					■										
	11. Distribución de la red eléctrica	1 semana						■									
Fase 3. Estructura	12. Instalación del Gabinete	1 semana						■									
	13. Ubicación de los dipolos	1 semana							■								
	14. Estructuración del cableado	1 semana								■							
	15. Instalación de la ductería.	1 semana									■						
	16. Ubicación e instalación del mástil de la antena.	2 semanas										■	■				
Fase 4. Montaje	17. Configuración del radioenlace.	1 semana												■			
	18. Dejar en funcionamiento el transmisor.	1 semana													■		
	19. Instalación y pruebas de transmisión y recepción.	1 semana														■	

## 5.5 PRESUPUESTO

En las tablas que se presentan a continuación se aprecia el presupuesto y materiales a utilizar en la propuesta.

**Tabla 33 Presupuesto de materiales empresa 1**

PRESUPUESTO					
MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Transmisor FM	1	1	\$ 85.000.000	\$ 85.000.000
2	Radioenlace	1	1	\$4.750.000	\$4.750.000
3	Baliza	1	1	\$570000	\$570000
4	Punta franklin	1	1	\$240000	\$240000
5	Barra de Tierra	1	1	\$ 323000	\$ 323000
6	Ducteria	metro	20	\$ 600.000	\$ 600.000
7	Cable de cobre	metro	20	\$1.000.000	\$1.000.000
				<b>TOTAL</b>	<b>\$91.560.000</b>

**Tabla 34 Presupuesto interventoría**

INTERVENTORIA MENSUAL					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Ingeniero	1	1	\$2.800.000	\$2.800.000
2	Técnico	1	1	\$2.000.000	\$2.000.000
				<b>TOTAL</b>	<b>\$4.800.000</b>

**Tabla 35 Presupuesto de materiales empresa 2**

PRESUPUESTO					
MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Transmisor FM	1	1	\$ 123.139.726	\$ 123.139.726
2	Radioenlace	1	1	\$1.193.835	\$1.193.835
3	Baliza	1	1	\$1.861.941	\$1.861.941
4	Pararayos	1	1	\$141.176	\$141.176
5	Barra de Tierra	1	1	\$ 289.000	\$ 289.000
6	Ducteria	metro	20	\$ 737.000	\$ 737.000
7	Cable de cobre	metro	20	\$1.200.000	\$1.200.000
				<b>TOTAL</b>	<b>\$91.560.000</b>



## CONCLUSIONES

- **Sistema Transmisor**

- La estructura del sistema radiante se encuentra deteriorada, la pintura en mal estado, hay corrosión, el cable de la puesta a tierra se encuentra sulfatado, la baliza esta dañada.
- No existe cumplimiento de la normativa de Radiodifusión Sonora emitida por el Ministerio de las Tecnologías de información y comunicación.
- En conformidad con la normativa establecida por el Min tic para la Universidad de Pamplona, el equipo transmisor debe operar a una potencia de 5000 W, pero actualmente el transmisor que se encuentra operando con una potencia de 1000 W, pero la potencia nominal a la que transmite es de 800 W.
- No se cuenta con el equipo radioenlace.
- Las conexiones eléctricas no cumplen con las especificaciones del RETIE, poniéndose en evidencia el desgaste debido a la antigüedad, el mal uso y derivaciones del cableado hecho a lo largo del tiempo debido a malas prácticas.

- **Mediciones**

- Las mediciones se realizaron basada en la resolución 1645 de 2009 establecidas por Ministerio de las Tecnologías de Información y Comunicación.
- Se efectuaron en 11 puntos distribuidos por el casco urbano teniendo en cuenta la disponibilidad de energía eléctrica en cada uno de los puntos.
- Para el proceso de la toma de mediciones se hace necesario que la etapa de calibración sea rigurosa para así obtener resultados óptimos y precisos.

- **Diseño**

- Como primera propuesta un mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, estructura y cuarto de operaciones e incluye la instalación de un nuevo dipolo y la compra de un nuevo transmisor, para el cual la inversión sería mucho menor
- En la segunda propuesta recomienda el traslado de la torre trasmisora a las instalaciones de la piscina universitaria. Como sitio apropiado, teniendo en cuenta la utilización de recursos propios, la accesibilidad al terreno y la disminución de costos al adquirir otro predio. Lo anterior en conformidad con la norma.

- **Simulación**

- El software Radio Mobile es de mayor precisión que el XIRIO Online, ambos gratuitos. Ya que las características del primero se asemejan más a los valores reales obtenidos durante el proceso de medición.

- **Análisis de resultados**

- Para el análisis de resultados se realizaron las tablas comparativas entre los simuladores y las mediciones iniciales realizadas con el analizador de espectro. En estas se observan unas diferencias notorias de los resultados, debido a la precisión y variación de cada software.
- La mejor propuesta sería la primera si se evaluara solamente los niveles de recepción, pero se evalúa el cumplimiento de la normativa, así que la propuesta más viable y que cumple cabalmente con las normas es la segunda propuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1645/2005, Resolución. 2005. “Resolución 1645/2005.” *Resolución 1645/2005*.  
[http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3758\\_documento.pdf](http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3758_documento.pdf).
- Adriana Cano. 2010. “Creación de Una Emisora Escolar En La Institución Educativa Gonzalo Mejía Echeverri.”
- BOMBÓN, HENRY OMAR TIPANTASIG. 2007. “Estudio de Factibilidad Para Reubicación de Frecuencias de Enlaces Microondas de Las Emisoras de Radiodifusión Para La Delegación Centro de La Superintendencia de Telecomunicaciones.”
- CARLSON. “SSTEMAS DE COMUNICACION CARLSON.pdf.”
- J. FALLA. 2012. “Estudio Económico Y Técnico Para El Desmonte, Traslado, Ubicación Y Actualización Del Sistema Radiante de La Emisora En Frecuencia Modulada Radio Universidad de Pamplona.” UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.
- Longley, Anita G, and Patricia L Rice. 1968. *Prediction of Tropospheric Radio Transmission Loss over Irregular Terrain. A Computer Method-1968*. INSTITUTE FOR TELECOMMUNICATION SCIENCES BOULDER CO.
- Sánchez, Jhon Jairo Herrera. 2011. “La Radio Comunitaria, Estrategia Para La Comunicación Pública.” Universidad deManizales.
- Simon R. Saunders, and Alejandro Aragon Zavala. 2007. *Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems*. www.wiley.com.
- SONORA, RADIODIFUSIÓN. 2017. “INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES.” (2633).
- Vega, Pamela Ulianova. 2010. “Asesoría Técnica Para El Mejoramiento Y Ampliación de Una Señal de Radiofrecuencia.”

## **RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Se recomienda dar uso a los dipolos nuevos que existen en el cuarto del equipo transmisor.

Se recomienda realizar las mejoras planteadas en el presente trabajo para dar cumplimiento a las normas establecidas por el ministerio de las Tics y quede en funcionamiento.

Basándose en el trabajo hecho se deberá tener en cuenta un plan de mantenimiento preventivo a cada uno de los componentes cada tiempo determinado, y así alargar y prolongar la vida útil de dichos elementos.

Planificar y consultar con un profesional las instalaciones adicionales que necesiten, para evitar descompensar los sistemas y dejar canalizaciones y cableado a la vista.

Adquirir baterías portátiles para los equipos de mediciones como el analizador de espectro, para poder realizar mediciones donde se requiera.

Tener personal calificado en el área de los depósitos de laboratorios para hacer la calibración de los equipos, ya que por ese motivo se realizaron las primeras medidas y estaban desfasadas debido a que el equipo no estaba calibrado y se hizo necesario volver a realizar las medidas.

Adquirir la licencia del Programa de Xirio-Online, para poder realizar sin inconvenientes los estudios de cobertura, ya que la versión gratuita presento inconsistencias hallando el área de cobertura; para así brindar una mayor seguridad en cuanto a los resultados.

La asesoría, acompañamiento y seguimiento periódico de un profesional a las actividades de mantenimiento aplicadas y al estado de los equipos es de gran importancia para generar diagnósticos previos a las fallas y ser atendidos para mantener operando sin inconvenientes el sistema.

