



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE
FACTIBILIDAD TÉCNICA-OPERATIVA DE LAS ESTACIONES
TRANSMISORAS CORRESPONDIENTES A LOS SERVICIOS DE
RADIODIFUSIÓN SONORA COMUNITARIA, APLICABLE EN
VENEZUELA**

Autor: María G. Salcedo N.

CI. 24.969.397

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master)- Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE
FACTIBILIDAD TÉCNICA-OPERATIVA DE LAS ESTACIONES
TRANSMISORAS CORRESPONDIENTES A LOS SERVICIOS DE
RADIODIFUSIÓN SONORA COMUNITARIA, APLICABLE EN
VENEZUELA**

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

Autor: María G. Salcedo N.

CI.24.969.397

Tutor: Ing. Fabián Robledo

San Diego, Junio de 2017



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-TG-057-2017-2

Valencia, 07 de Julio de 2017.

Ciudadana:
Salcedo María
C.I. 24.969.397
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 2-2017 de fecha **07/07/2017** aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **"PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-OPERATIVA DE LAS ESTACIONES TRANSMISORAS CORRESPONDIENTES A LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN SONORA COMUNITARIA, APLICABLE EN VENEZUELA"** presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación del Ing. Fabián Robledo, C.I. 7.126.631 y la Ing. Alecia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutotes Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Ing. José Gregorio Díaz
Decano de la Facultad de Ingeniería

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).

JGD: G



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero **Fabian Robledo** portador de la cédula de identidad N° 7.126.631, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el(los) ciudadano(s) **Maria Salcedo**, portador(es) de la cédula de identidad N° 24.969.397, (respectivamente), titulado **PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-OPERATIVA DE LAS ESTACIONES TRANSMISORAS CORRESPONDIENTES A LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN SONORA COMUNITARIA, APLICABLE EN VENEZUELA** presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez, y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 16 días del mes de octubre del año dos mil diecisiete.

Ing. Fabian Robledo

C.I.: V-7.126.631

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y permitirme alcanzar mis objetivos, protegiéndome en cada paso que doy y velando por mi bienestar, dándome fuerzas y valor, porque con Él lo mejor siempre está por venir.

A mis padres Ali Salcedo y Carolina Navas, por su apoyo incondicional en todo momento, por sus consejos y la enseñanza que me dieron de valores y ética. Por desvelarse conmigo varias noches con el fin de alentarme a continuar y enfrentar mis adversidades, siendo un pilar esencial en mi vida.

A mis amigos, a quienes considero como hermanos Jose, Guillermo y Alejandro, y a todos aquellos compañeros que por espacio no pueden ser incluidos, quienes me apoyaron en todo lo que pudieron, dándome su palabra de aliento y aportando su granito de arena, estando conmigo en las frustraciones, trasnochos y en mis alegrías.

A la Ing. Marlene Zambrano, por inspirarme a ir más allá y mejorar cada día y de que a pesar de no haberme dado clases durante mis estudios me enseñó muchas cosas que considero importantes, mostrándome valores y ética profesional.

Al Ing. José Centeno, quien me prestó su colaboración en múltiples momentos a lo largo de mis estudios, sin negarse a enseñarme cosas nuevas y siempre dispuesto a colaborar en lo que podía.

Agradezco adicionalmente a mi tutor Ing. Fabián Robledo, por impulsarme en la elaboración de este trabajo de grado, quien me mostró “el mundo de la investigación” y me sorprendió señalándome las capacidades del ser humano y los detalles del espacio en el que vivimos.

A todos los profesores que he tenido a lo largo de mis estudios por brindarme de sus conocimientos, comprensión y paciencia.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
RESUMEN INFORMATIVO	xi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación de la Investigación.....	6
1.5 Alcance	7
1.6 Limitaciones	7

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Bases Teóricas	9
2.2.1 Radiodifusión Sonora	9
2.2.2 Radiodifusión Sonora Comunitaria	10
2.2.3 Antena.....	12
2.2.3.1 Diagrama de radiación de una antena.....	12
2.2.3.2 Directividad.....	12
2.2.4 Modelos de Predicción de Señales Electromagnéticas.....	14
2.2.4.1 Método de predicción de la recomendación UIT-R P.1546-5.....	15
2.3 Bases Legales.....	18
2.4 Definición de Términos Básicos.....	18

III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1 Tipo de Investigación	20
	3.2 Diseño de Investigación.....	20
	3.3 Nivel de la Investigación	20
	3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
	3.6 Fases Metodológicas.....	21
IV	RESULTADOS	
	4.1 FASE I: Análisis de las variables necesarias que serán tomadas en cuenta en el diseño de la metodología	23
	4.2 FASE II: Diseño de una metodología para determinar la factibilidad técnica-operativa entre emisoras FM comunitarias y convencionales aplicable en Venezuela	27
	4.3 FASE III: Desarrollo de un programa informático de acuerdo a la metodología diseñada	41
	4.3.1 Nivel de Datos.....	42
	4.3.2 Nivel de Presentación.....	45
	4.3.2.1 Diseño Gráfico.....	45
	4.3.2.2 Diseño Funcional	46
	4.3.3 Nivel de Mediación	48
	4.3.4 Manejo de errores del usuario	48
	4.3.5 Descripción de las pestañas del programa	49
	4.3.5.1 Pestaña de ASPT	49
	4.3.5.2 Pestaña de PER.....	51
	4.3.5.3 Pestaña de resultados	52
	4.3.6 Rendimiento	54
	4.3.7 Restricciones	54
	4.3.8 Requerimientos técnicos mínimos	54
	4.4 FASE IV: Ejecucion de una prueba piloto del programa informático, para estaciones FM ubicadas geográficamente en la ciudad de Valencia.....	54
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	60
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
	ANEXOS	64
	A. Curva E(50,50) de 100MHz	65
	B. Curva E(50,10) de 100MHz.....	66
	C. Tabulación de la Curva E(50,50) de 100MHz.....	67
	D. Tabulación de la Curva E(50,10) de 100MHz.....	69

E. Enumeración de los límites parroquiales y municipales de Valencia para su parametrización	71
F. Ejemplo de función de cálculo, determinación de la distancia entre dos coordenadas	72
G. Ejemplo de función de interpolación, determinación del campo eléctrico con valores variables	73
H. Ejemplo de función de comunicación y revisión, lectura de datos de ubicación proporcionados por el usuario	74
I. Ejemplo de función de revisión, validación de la PER suministrada por el usuario	75
J. Ejemplo de función de continuidad, segmento de preparación de la primera pestaña a la segunda	76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	Pág.
1	Diagrama de radiación en 3D de una antena Yagi	13
2	Diagrama de radiación en coordenadas polares.....	13
3	Diagrama de radiación en coordenadas cartesianas.....	14
4	Proceso para la determinación de la ASPT de un radial seleccionado.....	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO	CONTENIDO	Pág.
1	Etapas de la metodología propuesta para el análisis de factibilidad respecto a la cobertura de una estación FM comunitaria.....	28
2	Parámetros iniciales para determinar la zona de cobertura al momento de estudiar la factibilidad de una estación de radio FM comunitaria.....	31
3	Etapas para verificar el cumplimiento de la relación de protección entre dos estaciones de radio FM comunitaria.....	33
4	Condición límite para la interferencia admisible de dos estaciones de radio FM comunitaria, en la cual los contornos son tangentes.....	35
5	Cumplimiento de las relaciones de protección entre dos estaciones FM comunitarias.....	35
6	Superación de la condición límite que permite la factibilidad entre estaciones produciendo interferencia perjudicial.....	36
7	Zona de cobertura mínima de la Parroquia Urbana San José, Valencia.....	37
8	Límites y Centro de la Parroquia Urbana Catedral para ejemplificar la utilización de la metodología propuesta.....	38
9	Niveles del programa informático.....	42
10	Digitalización de la división parroquial y político-territorial del municipio Valencia.....	43
11	Digitalización de los límites político-territoriales de la Parroquia Urbana Candelaria.....	44
12	Splash Screen como pantalla de inicio del software desarrollado.....	46
13	Elementos de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) del programa informático	47
14	Ejemplo de ventana emergente con anuncio de error	49
15	GUI mostrada en la pestaña de ASPT del programa informático.....	50

16	Proceso del módulo de estación interferente y estación interferida de la pestaña de cálculo de la ASPT.....	50
17	GUI mostrada en la pestaña de PER del programa informático.....	51
18	Proceso de la pestaña de PER utilizado en el desarrollo del software...	52
19	GUI mostrada en la pestaña de resultados del programa informático.....	53
20	Proceso ejecutado en la pestaña final de resultados del programa informático	53
21	Resultados de la prueba piloto referente al cálculo de la ASPT de ambas estaciones FM comunitarias.....	55
22	Resultados de la prueba piloto empleando una potencia mayor a la mínima de la metodología propuesta.....	56
23	Zona de cobertura mínima reglamentada de la parroquia Santa Rosa de un transmisor ubicado en el centro de la misma.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO

TABLA		Pág.
1	Comparación de parámetros técnicos para el establecimiento de estaciones de Radiodifusión Sonora FM Comunitaria en diversas naciones donde se ofrece el servicio.....	24
2	Parámetros técnicos reglamentados para el establecimiento de estaciones de radio FM comunitaria en Venezuela.....	26
3	Centro de las parroquias de Valencia y parámetros considerados en el estudio de factibilidad, siguiendo los lineamientos de zona de cobertura mínima	39
4	Ejemplo de cuadro de factibilidad de estaciones comunitarias en Valencia siguiendo los lineamientos de zona de cobertura mínima.....	39
5	Centro de las parroquias de Valencia y parámetros considerados en el estudio de factibilidad, sin respetar la zona de cobertura mínima reglamentada.....	40
6	Ejemplo de cuadro de factibilidad de estaciones comunitarias en Valencia utilizando parámetros distintos a los reglamentados.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO

CUADRO		Pág.
1	Contorno a calcular de una estación interferente para respetar la relación de protección de una estación interferida en función de su separación en frecuencia	32



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE
FACTIBILIDAD TÉCNICA-OPERATIVA DE LAS ESTACIONES
TRANSMISORAS CORRESPONDIENTES A LOS SERVICIOS DE
RADIODIFUSIÓN SONORA COMUNITARIA, APLICABLE EN VENEZUELA**

Autor: María G. Salcedo N.
Tutor: Ing. Fabián Robledo
Fecha: 16-06-2017

RESUMEN INFORMATIVO

Actualmente, en Venezuela, la normativa legal referente a radiodifusión sonora comunitaria no define una clase administrativa-técnica para este servicio, como sí se presenta para el caso de las estaciones FM convencionales (no comunitarias), además para las radios FM comunitarias no se señalan ciertos requerimientos técnicos importantes, tales como la Potencia Efectiva Radiada (PER), la Altura Sobre el Promedio del Terreno (ASPT) y las distancias mínimas entre estaciones. En consecuencia no se dispone aún de una metodología sistemática publicada para desarrollar estudios de factibilidad técnica-operativa para el caso de nuevas estaciones FM comunitarias, lo cual dificulta su ejecución y satisfacer las relaciones de protección entre estaciones.

El presente proyecto se describe como una investigación de tipo exploratoria, en modalidad de proyecto factible, desarrollando cuatro fases metodológicas, el cual tiene como objetivo proponer una metodología para el estudio de factibilidad técnica-operativa de las estaciones transmisoras correspondientes a los servicios de radiodifusión sonora FM comunitaria, aplicable en Venezuela. Para tal fin, se analizarán los aspectos que deben ser tomados en cuenta en el diseño de dicha metodología. Adicionalmente se diseña e implementa un programa informático que permita realizar una simulación de la metodología a través de una prueba piloto, con el fin de validar la propuesta.

Descriptor: Modelo de predicción de señales, radiodifusión sonora comunitaria, radio propagación, relación de protección, interferencia.

INTRODUCCIÓN

La radiodifusión sonora FM comunitaria, es un servicio de comunicación e información reciente en Venezuela, sin embargo, ya se le utiliza en América Latina desde hace más de 50 años. Posee una variedad de nombres mundialmente, en Brasil se le conoce como radio libre, en Ecuador, radio popular, en Estados Unidos, como Radio de Baja Potencia, entre otros. Así como existe tal diversidad, ocurre lo mismo con sus reglamentos, donde en algunos países las estaciones de radio educativa universitaria, indígena y religiosa también se incorporan en esta categoría.

El hecho de que las radios comunitarias se crearan posteriormente a las convencionales, generó un problema debido a que las normativas iniciales para radiodifusión sonora FM debían ser actualizadas, a fin de manejar correctamente y eficientemente el espectro de frecuencias y asegurar el contorno de protección de las estaciones de radio implicadas. En Venezuela se creó una normativa para tal fin, sin embargo, en ella no se definen ciertos aspectos técnicos esenciales para el estudio de interferencias lo cual impide o dificulta mantener el contorno de protección de éstas.

En el presente proyecto se estudiarán los aspectos necesarios para desarrollar una metodología que permita señalar si existe una factibilidad técnica-operativa para estaciones de radiodifusión sonora comunitaria. Esta investigación se presenta por medio de cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el Capítulo I se presenta la descripción de la problemática que conlleva a este estudio y la interrogante que se genera a partir de este. Se plantean igualmente, los objetivos que permitirán la solución a dicho problema, justificación del mismo, además del alcance y limitaciones del proyecto.

El Capítulo II hace referencia al marco teórico del proyecto. Allí se señalan las investigaciones y artículos que servirán como antecedentes para la investigación.

Adicionalmente se dan a conocer las bases teóricas que fundamentarán el tema de estudio y términos empleados en dicha área.

El Capítulo III despliega la metodología a ser empleada para llevar a cabo la investigación, así como la descripción de las fases a ser realizadas para el cumplimiento de los objetivos.

Finalmente, en el Capítulo IV se encuentran los resultados de la investigación, el desarrollo de cada fase una vez ejecutada, al igual que el análisis y resultados de éstas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad el campo de las telecomunicaciones tiene un gran impacto en la manera en cómo va evolucionando la forma de comunicación y la manera por la cual se relacionan las personas en la sociedad, convirtiéndose en una necesidad para la vida diaria. A su vez esto va acompañado del enorme avance en la tecnología que se puede apreciar todos los días, lo que ha permitido el crecimiento de diversos medios de comunicación de una forma masiva, como lo son la televisión y el Internet, los cuales han tenido un gran auge en las últimas décadas.

A pesar de esta constante evolución, la radiodifusión sonora FM aún perdura como medio de difusión esencial para el libre desempeño del derecho a la comunicación debido, entre otras razones, a su sencillez y su amplio público, abarcando poblaciones urbanas, suburbanas y rurales. Sin duda, su manera para comunicarse es única, exigiendo cierta atención al oyente debido a la imposibilidad de detener el transcurso de la información pero al mismo tiempo facilitando este trabajo gracias al lenguaje claro y directo empleado, asentándose como el medio de masas más inmediato.

En el año 2001, en Venezuela, en concordancia con lo dispuesto en el artículo 200 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOTEL), se decretó la creación de los medios comunitarios, cuyo sector se ubica en el campo de las emisoras de radiodifusión sonora, que emplean Frecuencia Modulada (FM).

En este sentido, el ente regulador de los servicios de radiodifusión sonora en Venezuela, la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) regula los atributos y concesiones de dicho servicio, mediante el Reglamento de Radiodifusión Sonora y

Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro, publicado en el año 2002, bajo la Gaceta Oficial No.37.359, teniendo por objeto de acuerdo a su artículo 1:

Establecer el régimen general, los requisitos, las características, las limitaciones y las obligaciones de los servicios de radiodifusión sonora comunitaria y televisión abierta comunitaria, así como la forma y condiciones de otorgamiento de las habilitaciones administrativas y concesiones, a los fines de garantizar la comunicación libre y plural de las comunidades (p.1).

El reglamento mencionado anteriormente, en su artículo 6 establece que CONATEL determinará las zonas de cobertura, denominadas localidades, en las cuales se prestarán los servicios de radiodifusión, y que dichas localidades no podrán ser menores que el área geográfica de la parroquia donde se preste el servicio. De igual manera, no podrán abarcar fracciones del área total de una parroquia y a su vez no deben tener un área mayor a la del municipio donde se preste el servicio. Además de esto, señala que la determinación de las localidades (zona de cobertura) deberá ser “técnicamente factible”, por lo que debe garantizarse la coexistencia entre dichas estaciones para asegurar que no existirán interferencias perjudiciales entre ellas ni entre estaciones FM convencionales.

A pesar que el reglamento señala la necesidad de evaluar los requisitos técnicos para la implantación de una nueva emisora, este no contempla una matriz con las distancias mínimas que deben existir entre estaciones FM autorizadas. Tampoco señala la Potencia Efectiva Radiada (PER) máxima ni la Altura Sobre el Promedio del Terreno (ASPT) máxima permitidas para una nueva estación comunitaria, debido entre otras razones a que no se define una clase administrativa-técnica para este servicio, como sí lo presenta para las estaciones FM convencionales (no comunitarias, en Clases A, B y C) en el Reglamento sobre la Operación de las Estaciones de Radiodifusión Sonora, Decreto No. 2.771 (1993) dedicado a emisoras FM convencionales.

En este mismo sentido, la base de datos que resguarda la información de ubicación, frecuencia, potencia y altura de estaciones FM tanto comunitarias como convencionales poseída por CONATEL no se encuentra publicada en la actualidad, por lo que la viabilidad

técnica para la creación de estas emisoras solo puede ser determinada por el ente regulador y no por el operador FM, lo cual genera un problema para conocer si habrá o no factibilidad para una nueva estación FM comunitaria, dificultando el desarrollo de estudios de interferencia entre estaciones y satisfacer el mantenimiento de las relaciones de protección entre éstas, afectando a su vez a las emisoras FM convencionales que se ubican en el mismo espectro de frecuencias VHF.

Como se ha señalado anteriormente, no se dispone de suficientes criterios técnico-legales objetivos, ni datos pertinentes para el estudio de factibilidad entre estaciones FM comunitarias o entre estaciones FM convencionales y FM comunitarias, útiles para el momento de realizar un nuevo proyecto a los fines de la implementación de estaciones de radio FM comunitaria, aspectos que si están definidos completamente para las estaciones FM convencionales.

1.2 Formulación del Problema

Considerando la situación antes planteada, se formula la siguiente interrogante: ¿Cuál podría ser la metodología que debería emplearse para el estudio de factibilidad de los servicios de radiodifusión sonora comunitaria aplicable en Venezuela?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer una metodología para el estudio de factibilidad técnica-operativa de las estaciones transmisoras correspondientes a los servicios de radiodifusión sonora comunitaria, aplicable en Venezuela.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar las variables necesarias que serán tomadas en cuenta en el diseño de una metodología para determinar la factibilidad técnica-operativa entre emisoras FM comunitarias y convencionales aplicable en Venezuela.
- Diseñar una metodología para determinar la factibilidad técnica-operativa entre emisoras FM comunitarias y convencionales aplicable en Venezuela.

- Desarrollar un programa informático de acuerdo a la metodología diseñada, para la realización de una prueba piloto, el cual contemple las necesidades de localización, altura y potencia requeridas por una estación FM comunitaria, entre otras, aplicable en Venezuela.
- Ejecutar una prueba piloto del programa informático, para estaciones FM ubicadas geográficamente en la ciudad de Valencia, que permita la simulación de la metodología planteada a los fines de validar la misma.

1.4 Justificación de la Investigación

Es importante poseer una metodología clara al momento de realizar estudios de factibilidad técnica-operativa entre estaciones FM, debido a que mediante ellos, quien desee prestar un servicio de radiodifusión sonora FM contará con los recursos necesarios para garantizar la calidad de información que se entrega al receptor, lo cual tiene un impacto significativo en las comunidades abarcadas por dicho servicio de radiodifusión.

En este sentido, el nivel de interferencia que existe en una determinada zona de cobertura afecta drásticamente la calidad del servicio prestado en la misma. Como señala Marco (2011), la importancia de la radio comunitaria “radica en que se puede atender a una audiencia más delimitada y por ello puede ofrecer mejor servicio público, más útil y más cercano” (pág. 12). Por lo que para la implementación de este servicio es esencial la reducción máxima posible de las fuentes interferentes.

Siguiendo este mismo orden de ideas, una metodología completa publicada permitiría disminuir las interferencias causadas entre estaciones FM, comunitarias y convencionales, garantizando una mejor calidad de recepción, aumentando además el número de radioescuchas.

Adicionalmente, es obligatorio para cualquier operador habilitado que preste un servicio de radiodifusión sonora realizar estudios de interferencias, debido a que estos pueden ser sancionados a nivel legal si afectan perjudicialmente a otro servicio de comunicaciones.

1.5 Alcance

El presente trabajo de investigación, propondrá una metodología para el estudio de factibilidad técnica-operativa de las estaciones transmisoras correspondientes a los servicios de radiodifusión sonora FM comunitaria en Venezuela. En este estudio, se desarrollará un programa informático que permita ejecutar una prueba piloto con el fin de efectuar una simulación de la metodología planteada para validar la misma, realizando dicho estudio en la ciudad de Valencia, Carabobo, con un tiempo de desarrollo de dos semestres académicos.

1.6 Limitaciones

Para la realización del presente trabajo existen algunas limitantes, entre ellas, la falta de publicación por parte de un ente oficial de las coordenadas de localización geográfica de estaciones de radiodifusión FM en el país y la correspondiente Potencia Efectiva Radiada (PER) de cada una de ellas, lo cual dificulta el estudio planteado.

Otra limitación constituye la ausencia de información referente a sistemas de información geográficos de división política territorial de la ciudad de Valencia, que son esenciales para garantizar la exactitud de los datos a ser usados en la investigación.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para la sustentación teórica del presente trabajo se tomaron en cuenta investigaciones relacionadas con el tema tratado, entre ellas se puede señalar a Robledo F. y Castañeda I. (2015), quienes formalizaron un artículo publicado en la Revista Ingeniería UC, titulado **“Propuesta de una matriz de distancias mínimas entre estaciones de radiodifusión FM basada en cartas E(50,50)-E(50,10) de FCC e UIT-R”**, en dicho estudio se plantea un modelo para para la actualización de las celdas de la matriz de distancias mínimas entre estaciones FM en base a la metodología que emplea las cartas estadísticas de campo eléctrico E(50,50) y E(50,10) soportadas por la normativa de la FCC y de las recomendadas de la UIT-R. Este artículo resulta importante debido al análisis realizado referente a un problema existente en la normativa vigente que regula la interferencia entre estaciones de radiodifusión sonora FM en Venezuela, estudio que debe realizarse para el Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro.

Con anterioridad, Guía M. y Medina F. (2013), realizaron un trabajo de grado ante la Universidad Católica Andrés Bello, para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones, denominado **“Modelo de predicción para la propagación de la señal de televisión digital abierta en Venezuela”**, en este se presenta la investigación de los conceptos pertinentes para el estudio de la transmisión y recepción de señales, así como los fenómenos que afectan la propagación de las mismas con el objetivo de comparar modelos teóricos existentes de predicción de cobertura para la propagación de señal de Televisión Digital Abierta (TDA), con la finalidad de elegir el que mejor se adapte a las principales ciudades de Venezuela. Este trabajo guarda relación con la presente investigación gracias al estudio de los modelos de predicción de señal existentes, los cuales son pertinentes para el sujeto de estudio.

Adicionalmente, es oportuno considerar la investigación realizada por Da Fonseca y Passos (2007) quienes la efectuaron para su ponencia en el XXV Simpósio Brasileiro de Telecomunicações organizado por la Sociedad Brasileira de Telecomunicações (SBrT) y la Universidad Federal de Pernambuco(UFPE), denominado **“Análisis numérico de la herramienta SIGANATEL para el cálculo de la viabilidad de canales FM”**, dicho estudio se realizó con el fin de realizar análisis de factibilidad en el modo punto-área en los canales de radiodifusión de las bandas de FM y TV, empleando el modelo de predicción de la Rec.P.1546 de la UIT en la estimación de la intensidad de campo eléctrico, con simulaciones efectuadas para el caso de la estación de la radio FM Tabajara ubicada en la localidad de João Pessoa Grande (Brasil). Este estudio es pertinente debido a la elaboración detallada que se describe de una metodología para la ejecución de análisis de factibilidad usando modelos de predicción, bases de datos y herramientas digitales.

2.2 Bases Teóricas

Para la realización de este trabajo se investigación se emplearon diversas teorías y conceptos, los cuales serán descritos a continuación con la finalidad de facilitar la comprensión del problema planteado y el enfoque que será tomado en cuenta para la propuesta de una posible solución del mismo.

2.2.1 Radiodifusión Sonora

Popularmente se le denomina “radio” a la radiodifusión sonora, para Pacheco (2006), ésta “se describe como un conjunto de dispositivos para transmitir a distancia la voz y música, haciéndolas así accesibles a las personas” (pág. 31). Asimismo, se le puede definir como expone Romo (1987) “como un conjunto de técnicas de emisión de ondas hertzianas que permiten la transmisión de la palabra y los sonidos” (pág. 13).

Ampliando el tema de forma técnica, la radiodifusión sonora consiste en una transmisión punto a multipunto que debe recorrer diversos procesos antes de que los datos de audio sean enviados al receptor, como lo son amplificación, compresión, multiplexación, modulación y filtrado, entre otros. En el caso de los receptores, se utilizan “radios portátiles” digitales o analógicos, los cuales se encargan de demodular la señal.

En Venezuela la radiodifusión sonora se encuentra normada por la LOTEL y el Reglamento sobre la Operación de las Estaciones de Radiodifusión Sonora de 1993, en el cual se señala que los canales de radiodifusión sonora FM se identifican por su frecuencia portadora y están numerados del 1 al 100, donde su frecuencia dependerá de la siguiente ecuación:

$$f(\text{MHz}) = 88,1 + 0.2(n)$$

comunitaria representa la democratización de las comunicaciones, promoviendo la participación de los ciudadanos.

De conformidad con el artículo 10 de la providencia administrativa No. 1880 (2011), la cual presenta el Cuadro Nacional de Atribuciones de Bandas de Frecuencia (CUNABAF), en Venezuela, la banda de frecuencias 88 – 108 MHz está destinada a la operación de estaciones de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM). Así mismo, añade que esta banda podrá ser utilizada por operaciones del servicio de Radiodifusión Sonora Comunitaria, de servicio público, sin fines de lucro.

Adicionalmente, los parámetros técnicos de operación para este servicio se encuentran asentados bajo el artículo 36 del Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro. Los cuales son los siguientes:

1. Desviación de frecuencias: se permite un máximo de ± 75 kHz, que representa un 100% de modulación.
2. Ancho de banda: 200 kHz para el canal, con 100 kHz a cada lado de la portadora principal.
3. Ancho de banda de operación: 150 kHz.
4. Modulación: Frecuencia Modulada.
5. Quienes operen entre 120 y 240 kHz, respecto a la frecuencia central de la portadora principal, deben atenuar por lo menos 25 dB por debajo del nivel de la portadora sin modulación. Al cumplir esto, es necesario demostrar que la anchura de banda ocupada es de 240 kHz o menor.
6. Las estaciones de radiodifusión sonora comunitarias que aparezcan entre 240 y 600 kHz respecto a la frecuencia central de la portadora principal, deben atenuarse por lo menos 35 dB por debajo del nivel de la portadora sin modulación.
7. Las estaciones de radiodifusión sonora comunitarias que se encuentren más allá de 600 kHz con respecto a la frecuencia central, deben atenuarse $43 + 10 (P)$ dB por debajo del nivel de la portadora sin modular, u 80 dB cualquiera que resulte menor, donde P es la potencia en vatios.

8. La tolerancia en frecuencia de la portadora principal permitida para estaciones de radiodifusión sonora comunitaria, es de ± 2 kHz.
9. Se podrán utilizar, en las estaciones de radiodifusión sonora comunitaria, antenas o sistemas de antena y equipos, que cumplan con los requisitos que a tal efecto establezca CONATEL.
10. Sólo cuando sea técnicamente indispensable a los fines de la prestación del servicio y previa aprobación de CONATEL, el estudio y la planta podrán ubicarse en lugares diferentes.

2.2.3 Antena

El Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) define una antena como aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas (IEEE Std. 145-1983). Si bien sus formas son muy variadas, todas las antenas tienen en común el ser una región de transición entre una zona donde existe una onda electromagnética guiada y una onda en el espacio libre, a la que puede además asignar un carácter direccional. Para Aznar (2009), “la misión de la antena es radiar la potencia que se le suministra con las características de direccionalidad adecuadas a la aplicación” (pág. 15).

2.2.3.1 Diagrama de radiación de una antena

Bava (2010) lo define a este diagrama como “la distribución de la amplitud relativa del campo electromagnético o más comúnmente la distribución de la densidad de potencia (), también aplicado en forma recíproca a antenas utilizadas como receptoras” (pág. 24), describiendo las características de radiación en función de la dirección angular.

Los diagramas de radiación se pueden expresar en diversas formas entre ellas en forma 3D (ver Figura 1), en forma polar (ver Figura 2) y en forma cartesiana (ver Figura 3). La representación en coordenadas cartesianas permite observar los detalles en antenas muy directivas, mientras que el diagrama polar suministra una información más clara de la distribución de la potencia en las diferentes direcciones del espacio.

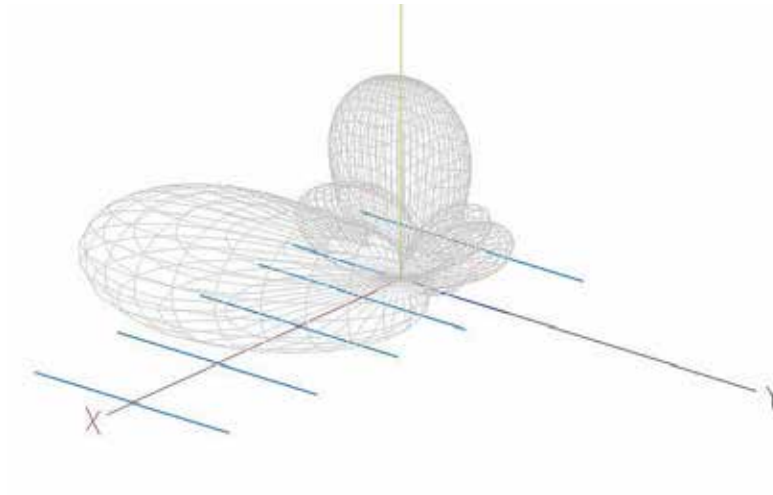


Figura 1. Diagrama de radiación en 3D de una antena Yagi.
Fuente. “Diagrama tridimensional de campo lejano de una antena Yagi para la banda de radioaficionados de 10m, modelizada por MMANA” Agüero D., Wikimedia Commons (2006).

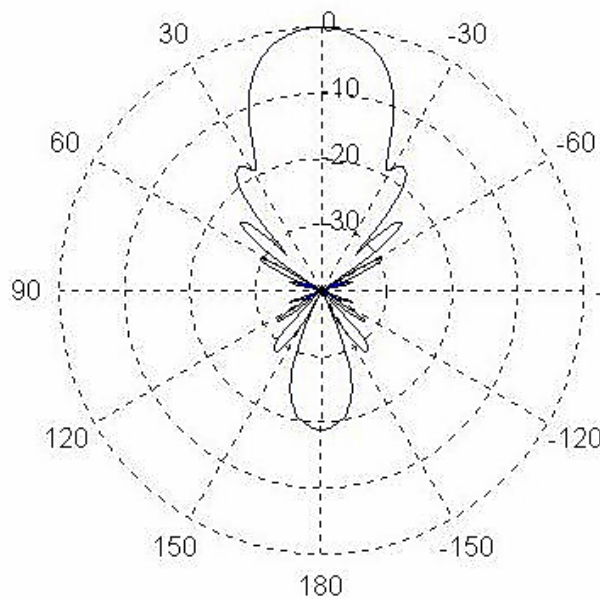


Figura 2. Diagrama de radiación en coordenadas polares.
Fuente. “Diagrama general de radiación”, Castaño F., Wikimedia Commons (2009).

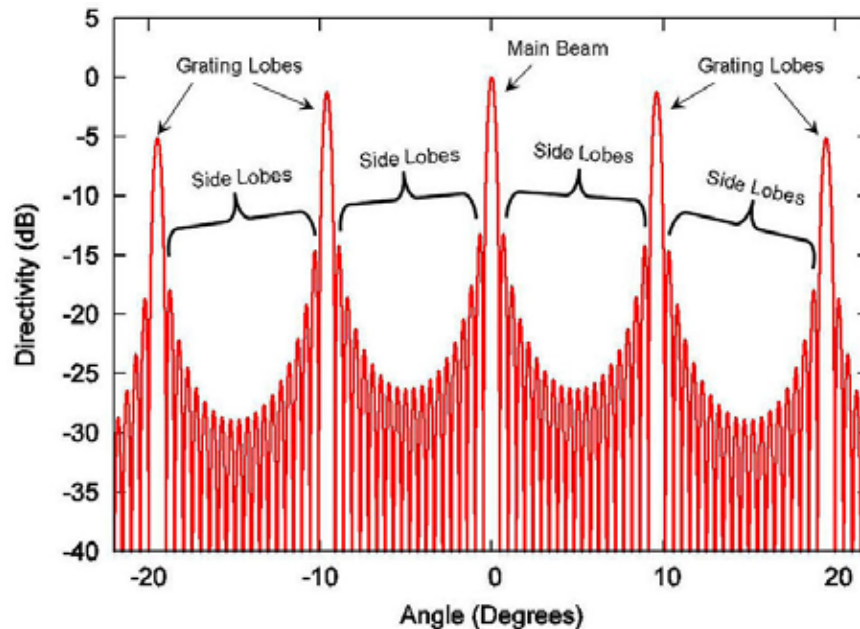


Figura 3. Diagrama de radiación en coordenadas cartesianas.

Fuente. “Patrón de radiación típico de antena con lóbulos”, Werther J., Wikimedia Commons (2012).

2.2.3.2 Directividad

La directividad se refiere a “la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia dada, y la densidad de potencia que radiaría a esta misma distancia una antena isotrópica que radiase la misma potencia que la antena transmisora” (Aznar, 2009) (pág. 10).

2.2.4 Modelos de Predicción de Señales Electromagnéticas

Un modelo de propagación se define como “un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado” (García, 2002) (pág. 1). Los modelos que se emplean para predecir los niveles de señal recibidos se suelen dividir en dos tipos:

1.- **Modelos teóricos de predicción de señal:** Desarrollados para geometrías simples y condiciones de propagación ideales con serias limitaciones prácticas. Suministran niveles de campo absolutos y determinísticos, por lo que deben ser utilizados cuidadosamente.

2.- **Modelos estadísticos de predicción de señal:** Se basan en los resultados experimentales promedios obtenidos de procesos de medición del nivel de intensidad de campo para varias condiciones de operación. Suministran resultados probabilísticos más confiables que los modelos teóricos.

2.2.4.1 Método de predicción de la recomendación UIT-R P.1546-5

El método de predicción de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Radiocomunicaciones UIT-R P.1546-5, es un modelo estadístico de predicción de cobertura, basándose en la utilización de curvas obtenidas experimentalmente por medio de mediciones de intensidad del campo eléctrico recibido en diferentes áreas geográficas y promediados en el tiempo. De esta manera, el nivel de intensidad del campo eléctrico (), es una función probabilística de varias variables, la cual puede ser expresada como:

$$E = E(L, T) \quad (2)$$

En donde se define como el porcentaje de localidades a servir en las cuales se espera obtener un determinado nivel mínimo de intensidad de campo eléctrico, y corresponde al porcentaje del tiempo para el cual se excede el nivel de campo recibido.

El porcentaje localidades a servir permiten estimar el mercado de radioescuchas, en cambio el porcentaje tiempo se encuentra asociado a la probabilidad de que suceda desvanecimiento de la señal de radio.

El método de la UIT-R provee dos cartas con el fin de efectuar los cálculos de cobertura para estaciones FM en la frecuencia de 100 MHz, prediciendo el nivel de señal esperado. Estas cartas son las siguientes:

- 1.- Carta E(50,50) 100 MHz. (Ver Anexo A)
- 2.- Carta E(50,10) 100 MHz. (Ver Anexo B)

Cabe destacar la nota señalada por Robledo y Castañeda (2015) referente al método de predicción de la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC) que posee curvas similares a las de la UIT-R, y es el hecho de que para estudios de interferencia, los resultados no son conmutables.

La FCC y CONATEL validan la conveniencia de la asimetría al establecer que en el análisis de interferencia se calculen las distancias a los contornos de servicio por las curvas normalizadas para al menos el 50% de las localidades y al menos 50% del tiempo para la estación interferida (curva FCC E(50,50)), así como también para al menos el 10% del tiempo para la estación interferente (curva FCC E(50,10)). Dado que ambas curvas no son idénticas y presentan una variación no lineal de la distancia a los contornos de servicio contra la ASPT, se concluye que en los estudios de interferencia los resultados no son conmutables. (pág. 4).

Al igual que en las curvas proporcionadas por el método de cobertura de la FCC, las curvas de la recomendación UIT-R también poseen esta asimetría por lo que los resultados no serán conmutables.

El nivel de señal recibido proporcionado por las cartas ya mencionadas está basado en condiciones específicas, por lo que se deben efectuar modificaciones en el nivel de señal recibido si no se poseen las condiciones son las siguientes:

1. La antena transmisora consiste en un dipolo ideal de $\frac{1}{2}$ longitud de onda, transmitiendo en polarización horizontal.
2. La Potencia Efectiva Radiada por el sistema de antena () es igual a 1 kW.
3. Existe línea de vista y despeje adecuado del primer elipsoide de Fresnel entre la antena transmisora y el punto donde se quiere evaluar el nivel de señal recibido.
4. La altura de la antena receptora con respecto al suelo en el sitio de recepción es de 10m.

Potencia Efectiva Radiada (PER)

Se refiere a la potencia que verdaderamente se encuentra radiando una antena en combinación con la potencia que genera el transmisor, se determina mediante la siguiente expresión:

$$PER(\text{dBK}) = PEA(\text{dBK}) + G(\text{dB}) \quad (3)$$

Donde, es la potencia de entrada al sistema de antena y es la ganancia de la antena.

Nivel de Señal Esperado (NSE)

Si las condiciones de trabajo no son las mismas que las de las cartas proporcionadas anteriormente por la UIT-R, se debe obtener un nuevo considerando la :

$$NSE(\text{dB V/m}) = E(L, T) + PER(\text{dBK}) \quad (4)$$

Altura sobre el promedio del terreno (ASPT)

Esta se define como la altura del centro de radiación del sistema de antena sobre el nivel promedio del terreno, en una dirección acimutal especificada. Se calcula como la diferencia entre la Altura del Centro de Radiación del Sistema de antena con respecto al Nivel del Mar, () y la Altura Promedia del Terreno (), obteniendo esta última como el promedio de las elevaciones del terreno en el segmento radial ubicado entre las distancias de 3 km y 15 km medidos a partir de la antena transmisora. Está dada por la ecuación:

$$ASPT(\text{m}) = ACRSNM(\text{m}) - APT(\text{m}) \quad (5)$$

El valor de la ACRSNM se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$ACRSNM(\text{m}) = ACRSS(\text{m}) + ASSNM(\text{m}) \quad (6)$$

En la cual la corresponde a la Altura del Centro de Radiación con respecto al Suelo en el Sitio de la instalación del sistema, y la está definida como la Altura en el Suelo del Sitio de la instalación con respecto al Nivel del Mar, ambas expresadas en metros.

2.3 Bases Legales

Las bases legales de esta investigación se encuentran representadas, en primer lugar, en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOTEL, 2000). Esta investigación se soporta en su artículo 165, indicando que “causar interferencias perjudiciales a servicios de telecomunicaciones, en forma culposa” (pág. 80) es considerado como motivo de sanción por parte de CONATEL, una de las razones en las que se justifica la investigación.

En este mismo sentido el artículo 200 de LOTEL menciona que “el Estado promoverá la existencia de estaciones de radiodifusión sonora y televisión abierta comunitarias de servicio público, sin fines de lucro, como medios para la comunicación y actuación, plural y transparente, de las comunidades organizadas en su ámbito respectivo” (pág. 96) basándose

en el CUNABAF y el Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro.

Es importante recalcar que en la LOTEL (2000) en su artículo 10, se señala que la Unión Internacional de Telecomunicaciones es un organismo de referencia para el sector de las telecomunicaciones respecto a términos empleados por el reglamento:

El significado de los términos empleados en esta Ley o en sus reglamentos y no definidos en ellos, será el que le asignen los convenios o tratados internacionales suscritos y ratificados por Venezuela, en especial, las definiciones adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), y en defecto de éstas las normas establecidas en el respectivo reglamento. (pág. 5)

Finalmente se tomaron en cuenta todas las disposiciones señaladas en el Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro (2001), el cual tiene el objeto de normar al servicio de radiodifusión sonora FM comunitaria.

2.4 Definición de Términos Básicos

API: se refiere a la interfaz de programación de aplicaciones, se refiere a un conjunto de subrutinas, funciones o procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Canal Adyacente: corresponde al canal de radio cuya frecuencia característica, se sitúa inmediatamente por encima o por debajo de la de un canal dado.

Cocanal: implica que dos o más estaciones se encuentran utilizando el mismo canal de frecuencia.

Contorno Protegido: la figura descrita en el plano horizontal, por el lugar geométrico de todos los puntos que rodean a la planta transmisora y cuyo valor de intensidad de campo eléctrico medido es el que se protege contra interferencias.

Eficiencia: relación entre la potencia radiada y la potencia entregada a la antena. También se puede definir como la relación entre ganancia y directividad.

Ganancia de una antena: es la cantidad de energía radiada en una dirección comparada con la energía que podría radiar una antena isotrópica en la misma dirección alimentada con la misma potencia.

Google Earth: es un programa informático que permite visualizar mediante fotografía satelital múltiple cartografía.

Google Maps API: es una API desarrollada por la empresa Google que posee diversas funciones, entre ellas determinación de distancias, coordenadas, elevación, entre otros aspectos geográficos que puedan ser aplicados.

GUI: es la Interfaz Gráfica de Usuario, se refiere al medio por el cual el usuario se comunica con un programa informático, esta incluye un grupo de elementos y controles definidos que representan la información y acciones disponibles.

Parroquia: es la unidad político-territorial de menor rango en Venezuela, donde se dividen los municipios. Actualmente existen un total de 1136 parroquias en Venezuela.

Polarización: es la orientación del campo eléctrico de una onda electromagnética. En la polarización lineal, el vector de campo eléctrico se mantiene en el mismo plano, por lo que puede ser de orientación vertical u horizontal.

Visual Basic .NET: es un lenguaje de programación orientado a objetos, desarrollado por Microsoft implementado sobre el Framework .NET.

WGS84: es la última versión del sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra por medio de 3 parámetros independientes.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

Este estudio se fundamenta en una investigación de tipo exploratoria, en modalidad de proyecto factible.

El proyecto se refiere a “la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.” (FEDUPEL, 2011)

3.2 Diseño de Investigación

Arias (2006), define el diseño de investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (pág. 26). Este estudio se enmarca dentro de las investigaciones de diseño documental, debido a que “se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos.” (Arias, 2006) (pág. 49).

3.3 Nivel de la Investigación

La presente investigación, tiene un nivel exploratorio, debido a sus objetivos intrínsecos. Desde el punto de vista de Sabino (1986), se define a la investigación de tipo exploratoria como “Las investigaciones que pretenden darnos una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad.” (p. 50).

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos son definidas por Tamayo (1999), como “la expresión operativa del diseño de investigación y que especifica concretamente cómo se hizo la investigación” (p. 126). De la misma manera, Bizquera (1989) define las técnicas como “aquellos medios técnicos que se utilizan para registrar observaciones y facilitar el tratamiento de las mismas” (p. 28).

En el presente estudio se utiliza como técnica de recolección de datos la revisión documental a través de la observación. En opinión de Sabino (1986) la observación “es una técnica antiquísima, cuyos primeros aportes serían imposibles de rastrear. A través de sus sentidos, el hombre capta la realidad que lo rodea, que luego organiza intelectualmente.”

Se utilizará para este fin un cuaderno de notas, que de acuerdo a Cerda (1991) es una forma de anotar todo lo observado y lo define como “el conjunto de informaciones, datos, expresiones, opiniones hechos, croquis, etc., que pueden constituirse en una valiosa información para la investigación.” (p. 250). Además, se usara como medio auxiliar mapas geográficos que según Cerda (1991) son “útiles cuando se realice una investigación que abarque cierto espacio geográfico o topográfico donde se ubiquen algunas situaciones o hechos vinculados a la investigación.” (p. 251).

3.6 Fases Metodológicas

FASE I: Análisis de las variables necesarias que serán tomadas en cuenta en el diseño la metodología.

En esta fase, se recolectaron documentos, criterios, investigaciones y material teórico pertinente ligado con el objeto de estudio, con el fin de obtener toda la información requerida para definir los parámetros técnicos más importantes en la planificación de servicio de radiodifusión sonora FM.

Se elaboró un cuadro comparativo señalando las leyes, reglas, estatutos y normativas técnicas para la implementación de los servicios de radio comunitaria nivel internacional, con el objetivo de distinguir las variables a tomar en cuenta para el diseño de la metodología en cuestión.

FASE II: Diseño de una metodología para determinar la factibilidad técnica-operativa entre emisoras FM comunitarias y convencionales aplicable en Venezuela.

Una vez seleccionados los parámetros y elementos a tomar en cuenta para la elaboración del diseño de la metodología, se procedió a realizar el mismo, mediante el contraste de las ideas planteadas en la fase anterior.

En esta fase se tomó en cuenta la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Radiocomunicaciones. (UIT-R) P.1546-5 referente a los métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz.

FASE III: Desarrollo de un programa informático de acuerdo a la metodología diseñada.

En esta fase, se elaboró el prototipo de, un programa informático que permita la simulación de la metodología diseñada en la fase anterior, basándose en el lenguaje de programación Visual Basic, mediante el software Visual Studio 2017, el cual permite la utilización de bases de datos y tiene además la capacidad de presentar resultados en forma gráfica y sencilla.

Para el cumplimiento de esta fase fue necesario realizar primeramente una interfaz gráfica de usuario (GUI) y las bases de datos requeridas en función de los parámetros escogidos en previas fases.

FASE IV: Ejecución de una prueba piloto del programa informático, para estaciones FM ubicadas geográficamente en la ciudad de Valencia.

En esta frase se procedió a simular la metodología diseñada anteriormente en la ciudad de Valencia, con el fin de validar la misma, ya que es la garantía de saber si el diseño funciona conforme a lo previsto, posteriormente se evaluarán los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 FASE I: Análisis de las variables necesarias que serán tomadas en cuenta en el diseño la metodología.

En primera instancia, se recopiló información objetiva referente a los requisitos técnicos empleados en otros países que poseen el servicio de radiodifusión sonora FM comunitaria, con el fin de establecer las variables y parámetros pertinentes para el diseño de la metodología.

Se analizaron leyes, reglamentos y documentos relacionados con el área de estudio. Dentro de este análisis, se observó si cada país poseía una metodología específica para el estudio de interferencias en este sector de las telecomunicaciones.

Para contemplar mejor las diferencias entre los requisitos técnicos empleados internacionalmente y los que se encuentran en la normativa venezolana, se decidió realizar un cuadro comparativo con los siguientes parámetros:

1. País: se tomaron en cuenta Ecuador, Chile, Estados Unidos, Canadá, Australia e India, los cuales poseen reglamentos publicados disponibles en el área de radiodifusión sonora FM comunitaria sistemáticos.
2. Potencia: se refiere a los límites de empleados, tanto mínimos como máximos, los cuales son importantes para determinar el alcance de la zona de cobertura de la estación de radio.
3. Altura sobre el promedio del terreno: son los límites de empleados. Este parámetro también posee importancia para determinar el alcance de la estación.
4. Zona máxima de servicio: es la que determina el alcance máximo que puede cubrir una estación de radio FM comunitaria. En Venezuela la zona máxima de servicio se define como el área del municipio en el que se encuentra ubicada la antena transmisora.

Es importante conocer cómo se definen las zonas de cobertura en los países objetos de esta comparación para comprender la razón de los límites propuestos por sus normativas.

5. Rango de frecuencias: se refiere a las frecuencias de trabajo empleadas en la radiodifusión sonora FM comunitaria. En algunos países existen restricciones especiales para el uso del espectro radioeléctrico en el sector comunitario.
6. Metodología de estudio de interferencias: señala si dentro de los requisitos técnicos se encuentra el estudio de interferencias entre estaciones y si se posee una metodología apropiada para este fin.

Una vez recopilada la información de los parámetros señalados anteriormente, se realizó el siguiente cuadro comparativo (ver Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de parámetros técnicos para el establecimiento de estaciones de Radiodifusión Sonora FM Comunitaria en diversas naciones donde se ofrece el servicio.

País	Potencia min. (W)	Potencia máx. (W)	ASPT min. (m)	ASPT máx. (m)	Zona máx. de servicio (km)	Rango de frecuencias (MHz)	Metodología de estudio de interferencias
Ecuador	N/I	250	N/I	N/I	15	Trabajo de 88.1-107.9	Parcialmente
Chile	1	25	N/I	N/I	Comuna de la concesión	Segmentos reservados por área geográfica	No
EE.UU.	1	100	N/I	450	5.6	88.1-107.9	Si
Canadá	N/I	50	N/I	60	N/I	88.1-107.9	Si
Australia	N/I	300	N/I	N/I	100	88.1-107.9	Si
India	10	100	15	30	6	88.1-107.9	Si

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Chile es el único país que tiene una potencia máxima variable, ya que mediante permisos especiales puede incrementar en 30 W si la estación promueve la cultura indígena propia del país e incluso puede incrementar a 40 W para zonas dispersas.

Una de las diferencias significativas que se puede observar en el cuadro anterior es el hecho de que India es el único país de los estudiados que exige un límite mínimo de en su normativa. Es importante destacar que la razón de esto, se encuentra expresada en su reglamento denominado Lineamiento para la Implementación de Estaciones de Radio Comunitaria de India, en el cual especifica que la EIRP debe ser de por lo menos 15 m para evitar afectación perjudicial por la radiación.

Otra observación destacable es la variedad de las zonas máximas de servicio, desde unos escasos 6 km como es el caso de la India, hasta 100 km en Australia. Esto es debido a que la radio comunitaria si bien va dirigida a un público más selectivo de gente, en relación a su propósito, dependiendo del reglamento en el que se rige, tiene ciertas variaciones en cuanto a que se considera o no radio comunitaria. Por ejemplo existen ciertos países en los cuales una estación de radio de una universidad o grupo religioso es considerada como una estación de radio comunitaria, lo cual no aplica para Venezuela. Además que los criterios relacionados al área de cobertura de una radio FM comunitaria dependen en gran medida de la geografía de la zona y de la ubicación de su población. Así que es entendible que por ejemplo en Australia, el cual es un país donde en su mayor parte la población se encuentra dispersa, el área de cobertura máxima sea de 100 km.

Finalmente se contempla que los países que carecen de una metodología oficial publicada para el estudio de interferencias tampoco poseen restricciones apropiadas para la EIRP como es el caso de Chile y Ecuador, lo cual genera problemas para limitar en la práctica la zona de cobertura. Sin embargo, posiblemente estos países pueden afrontar estos problemas debido a que poseen restricciones en cuanto al uso de ciertas frecuencias por área geográfica.

En relación a lo expuesto anteriormente, y manteniendo los aspectos y parámetros proporcionados por el Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro, el cual delimita los lineamientos que

debe seguir Venezuela, se determinaron los parámetros y límites que se abarcarán dentro de la metodología a diseñar (ver Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros técnicos reglamentados para el establecimiento de estaciones de radio FM comunitaria en Venezuela.

País	Potencia min. (W)	Potencia máx. (W)	ASPT min. (m)	ASPT máx. (m)	Zona min. De servicio	Zona máx. De servicio	Rango de frecuencias (MHz)
Venezuela	Es dependiente de la zona de cobertura	Es dependiente de la zona de cobertura	N/I	N/I	Parroquia donde se ubica la estación.	Municipio donde se ubica la estación.	88.1-107.9MHz

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Mediante el cuadro anterior se puede contemplar que todos los parámetros señalados son variables, es decir, no se establecen límites fijos y esencialmente estos límites dependerán de la zona geográfica y de la peculiar división político territorial en la que se encuentre la estación, bajo esta premisa se acota que a pesar de que esta información geográfica es un requisito indispensable para determinar la zona de cobertura, no se encuentra disponible información pública detallada correspondiente al área o límites político-territoriales de las divisiones parroquiales de Venezuela.

Otra observación corresponde a que en el reglamento venezolano dedicado a radio comunitaria no se establece nada referente a la Δ , la cual puede cambiar determinantemente el alcance de la señal emitida por la antena de transmisión.

Para la metodología, se permitirá el uso de cualquier Δ debido a que el reglamento venezolano de radio comunitaria no fija límites para éste, sin embargo se considera que debe realizarse un estudio pertinente para establecer un valor fijo para el mismo.

Adicionalmente decidió emplearse para las estimaciones de cobertura e interferencia la recomendación UIT-R P.1546-5, ya que se debe poseer un método de predicción de cobertura

y este proviene de una organización internacional y ofrece la ventaja adicional de que permite considerar distancias cortas menores de 20 km para determinar la intensidad de campo eléctrico.

4.2 FASE II: Diseño de una metodología para determinar la factibilidad técnica-operativa entre emisoras FM comunitarias y convencionales aplicable en Venezuela.

Partiendo de lo analizado en la fase anterior se procedió a realizar el diseño de la metodología que tendrá como fin evaluar la factibilidad técnica-operativa de una estación de radiodifusión sonora FM comunitaria y permitir realizar estudios de interferencia entre estaciones. Para tal fin, en una etapa inicial, se realizó un diagrama estructurado (ver Gráfico 1), donde se especifican las fases esenciales para la creación, desde el punto de vista de factibilidad técnica, de una estación FM comunitaria sin incluir aún los procesos requeridos para realizar un estudio de interferencias.

La selección de la ubicación de la antena transmisora es una de las tareas más importantes al momento de establecer una nueva estación de radio FM comunitaria, ya que dependiendo de su zona geográfica y de la altura sobre el nivel del mar del sitio en cuestión se modificarán los límites de los parámetros técnicos reglamentados para la misma.

Es por esta razón que debe realizarse el cálculo de los límites mencionados, a fin de respetar la zona de cobertura mínima y máxima exigida por el reglamento.

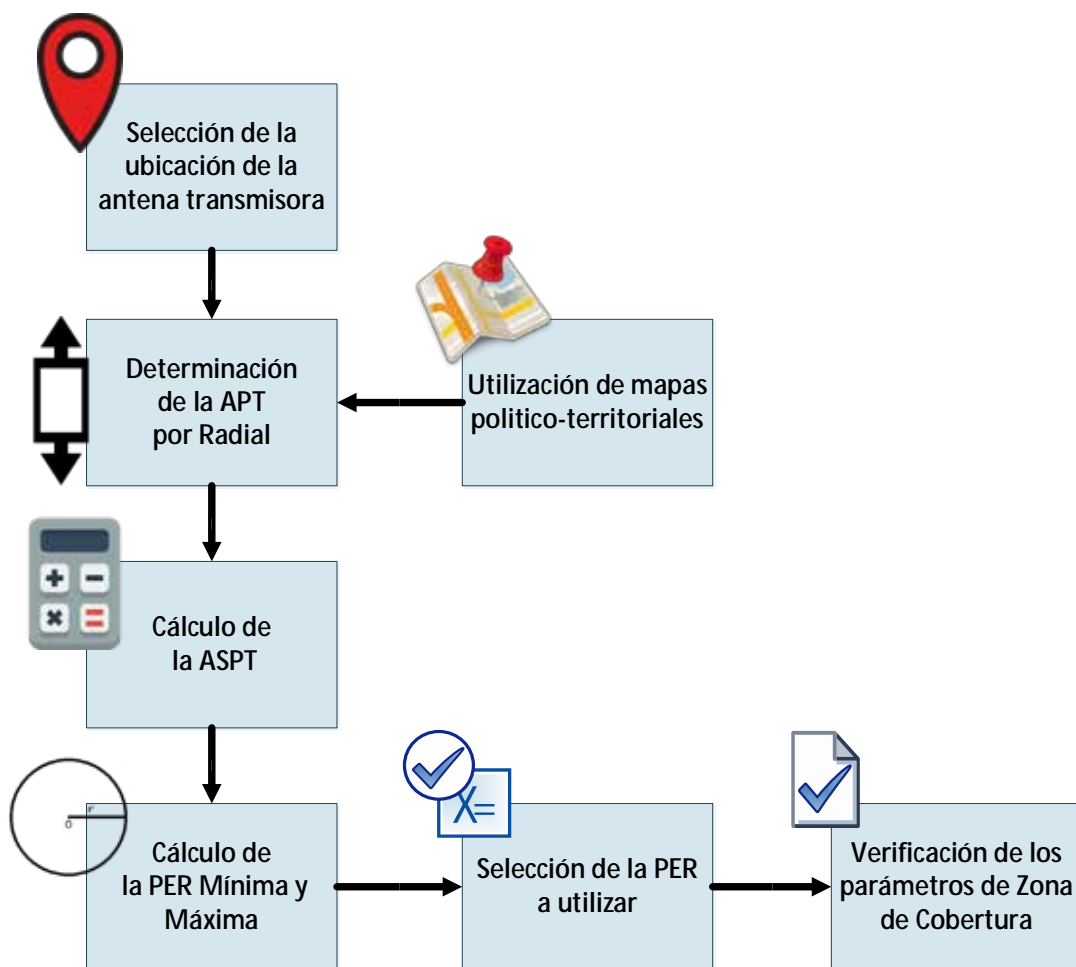


Gráfico 1. Etapas de la metodología propuesta para el análisis de factibilidad respecto a la cobertura de una estación FM comunitaria.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Se propone que el cálculo de la $ASPT$ empleada, se realice mediante los siguientes pasos:

- Paso 1. Se trazan 8 radiales acimutales equidistantes (separados 45 grados entre sí) desde el centro de radiación de la antena transmisora.
- Paso 2. Para cada dirección acimutal, se determina la altura sobre el nivel del mar para 50 puntos comprendidos entre los 3 km y 15 km de separación del transmisor (ver Figura 4).

Paso 3. Calcular la APT_{Radial} por radial mediante la siguiente fórmula:

$$APT_{Radial} = \frac{H}{50} \text{ (m)} \quad (7)$$

Donde H es la altura de cada punto estudiado en cada radial.

Paso 4. Determinar la Altura del Suelo en el Sitio sobre el Nivel del Mar de la ubicación de la antena de transmisión, la cual será llamada $ACRSNM$.

Paso 5. Calcular la $ASSNM$ de acuerdo a la fórmula:

$$ACRSNM \text{ (m)} = ACRSS \text{ (m)} - ASSNM \text{ (m)} \quad (8)$$

Donde la $ACRSNM$ corresponde a la Altura del Centro de Radiación respecto al Suelo del Sitio.

Paso 6. Calcular la $ASPT_{Radial}$ por radial mediante la siguiente fórmula:

$$ASPT_{Radial} \text{ (m)} = ACRSNM \text{ (m)} - APT_{Radial} \text{ (m)} \quad (9)$$

Paso 7. Calcular la $ASPT$ final realizando el promedio aritmético de las de todas las direcciones acimutales.

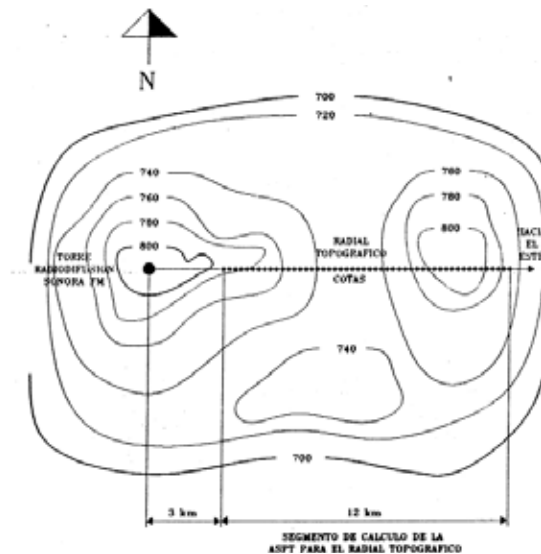


Figura 4. Proceso para la determinación de la ASPT de un radial seleccionado.

Fuente. “Perfil topográfico correspondiente al radial Este de una antena transmisora FM”, Robledo (1996).

Para definir los pasos propuestos para determinar la mínima y máxima se utilizó como método de predicción de cobertura los lineamientos señalados en la recomendación UIT-R P.1546-5, y se consideró el contorno de 70 dB μ V/m definido en el reglamento venezolano de radiodifusión sonora FM convencional.

Para establecer la mínima y máxima se debe determinar primero la zona de cobertura mínima y máxima correspondiente. Para tal fin se emplean los siguientes pasos:

Paso 1. Buscar en la línea limítrofe de la parroquia en donde se hallará la zona de cobertura el punto más alejado a las coordenadas de ubicación de la antena transmisora, este punto será denominado coordenadas mínimas de cobertura y su nomenclatura será C_{min} . La distancia entre estos dos puntos, será llamada distancia mínima de cobertura D_{min} (km) (ver Gráfico 2).

Paso 2. Localizar en la línea limítrofe del municipio seleccionado el punto más alejado a las coordenadas de ubicación de la antena transmisora que será denominado coordenadas máximas de cobertura C_{max} . La distancia entre estos, será llamada distancia máxima de cobertura D_{max} (km) (ver Gráfico 2).

Paso 3. Para determinar la Encontrar la PER_{min} (kW), se obtiene el campo eléctrico alcanzado con D_{min} y la utilizada mediante las curvas E (50,50) de 100 MHz de la recomendación UIT-R P.1546-5, el cual será denominado E_{min} . Posteriormente se utiliza la siguiente formula:

$$PER_{min} = 10^{\frac{(70-E_{min})}{10}} \text{ (kW)} \quad (10)$$

Paso 4. Para determinar la PER_{max} (kW) se realizará nuevamente el Paso 4, sustituyendo PER_{min} por PER_{max} , D_{min} por D_{max} y E_{min} por E_{max} .



Gráfico 2. Parámetros iniciales para determinar la zona de cobertura al momento de estudiar la factibilidad de una estación de radio FM comunitaria.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

Posteriormente se seleccionará la a utilizar tomando en cuenta los límites encontrados en los pasos anteriores y finalmente debe verificarse que cumple con los requisitos de cobertura buscando la distancia al contorno de $70\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ mediante el uso de la carta E (50,50) y comprobando que ésta se encuentra entre $D_{\text{mín}}$ y $D_{\text{máx}}$

Una vez diseñada la etapa inicial de la metodología, se procedió a determinar los pasos necesarios para desarrollar un estudio de interferencias entre dos estaciones de radio comunitaria. Para tal fin se dividió el procedimiento en dos partes, una dedicada a la estación

interferida y otra a la estación interferente ya que como señala Robledo y Castañeda (2015) en los estudios de interferencia los resultados no son conmutables debido a que las curvas empleadas deben corresponder a al menos el 50 % de las localidades y al menos 50 % del tiempo para la estación interferida, así como también para al menos el 10 % del tiempo para la estación interferente y ambas curvas no son idénticas.

Además se realizó un diagrama estructurado con los pasos para la demostración del cumplimiento de las relaciones de protección empleado en los recaudos técnicos para el establecimiento de una radio FM convencional establecidos por CONATEL en el Reglamento sobre la Operación de las Estaciones de Radiodifusión Sonora (ver Gráfico 3) para desarrollar un proceso similar para la radio FM comunitaria.

En el reglamento señalado anteriormente se establecen los contornos de protección que deben ser empleados para un análisis de interferencia. En el caso la estación interferida debe emplearse el contorno de 60 dBmW/m con la curva E (50,50). Para la estación interferente se utiliza la carta E (50,10) y su contorno dependerá de la separación de frecuencias entre las estaciones de acuerdo a la siguiente tabla (ver Cuadro 1):

Cuadro 1. Contorno a calcular de una estación interferente para respetar la relación de protección de una estación interferida en función de su separación en frecuencia.

Separación (KHz)	Relación de protección (Campo eléctrico relativo)	Contorno a calcular para la estación interferente (dBmW/m)
0	10:1	40
200	2:1	54
400	1:10	80
600	1:100	100

Fuente. Reglamento sobre la Operación de las Estaciones de Radiodifusión Sonora, Decreto No. 2.771 (1993).

Robledo y Castañeda (2015) concluyen que la “condición crítica para establecer el límite de la interferencia admisible será la que exige que los círculos de los contornos de

servicios de ambas estaciones sean tangentes, justo en el punto donde se satisface como igualdad la relación de protección.”

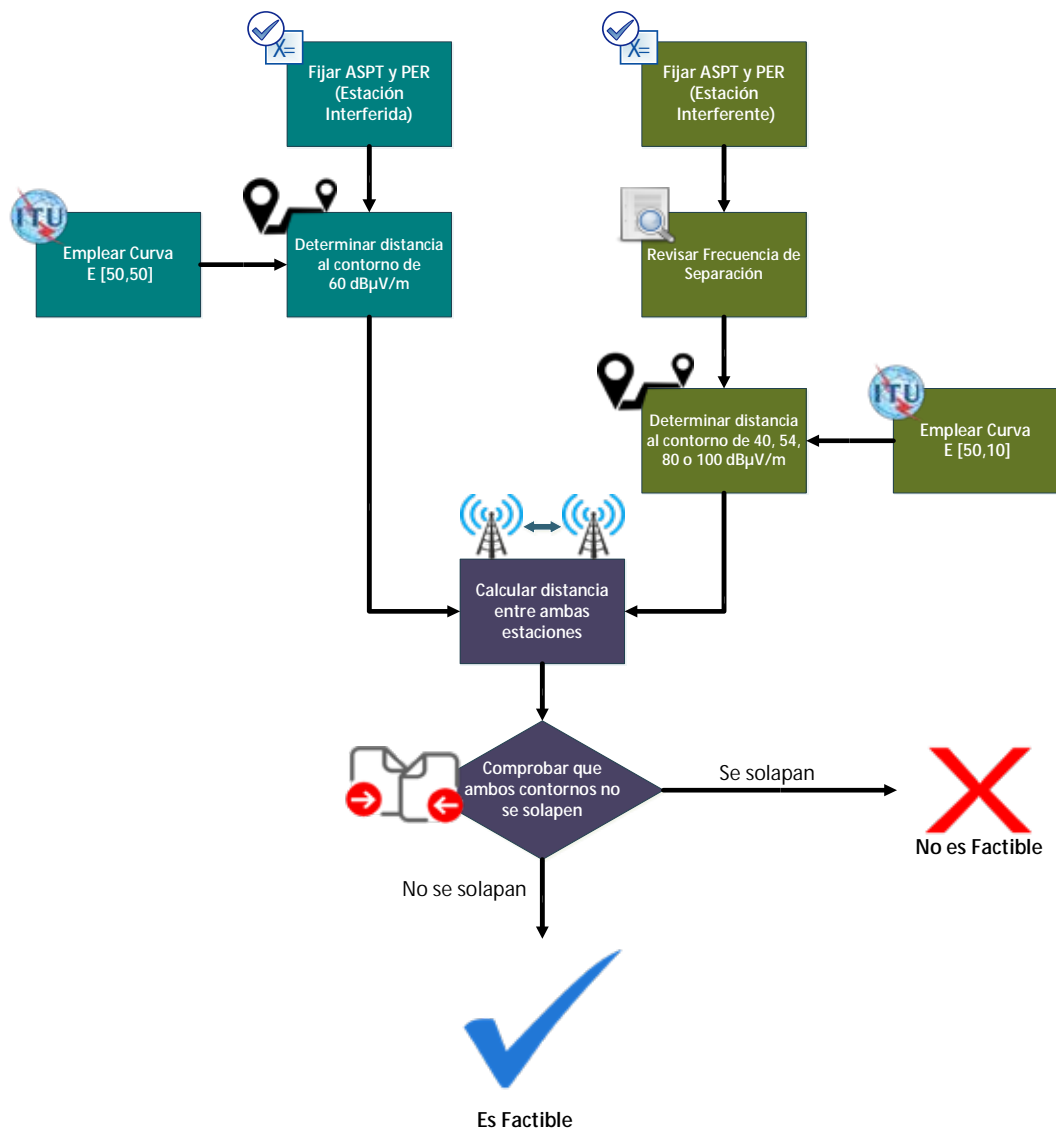


Gráfico 3. Etapas para verificar el cumplimiento de la relación de protección entre dos estaciones de radio FM comunitaria.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Debido a todo lo expuesto anteriormente se modificó la metodología propuesta por Robledo y Castañeda (2015) para abarcar a la radiodifusión sonora FM comunitaria, dando como resultado los siguientes pasos para determinar si se cumplen las relaciones de protección entre dos estaciones y la posibilidad de la crear una nueva estación (estación interferente), asumiendo una propagación omnidireccional para ambas estaciones:

Paso 1. Seleccionar la frecuencia, así como la potencia a utilizar por la estación interferida (ya existente) y la interferente (estación propuesta). Ambos parámetros deben cumplir con los requisitos mencionados en la etapa de creación de una estación FM comunitaria.

Paso 2. Determinar mediante la curva E (50,50) de la recomendación UIT-R P.1546-5 la distancia al contorno de 60 dBmV/m de la estación interferida. Esta distancia será denotada D_1 .

Paso 3. Determinar mediante la curva E (50,10) de la recomendación UIT-R P.1546-5 la distancia al contorno exigido por la tabla xxx para la estación interferente. Esta distancia será denotada D_2 .

Paso 4. Calcular la distancia entre las coordenadas de ubicación de la estación interferida y la estación interferente. Este parámetro será llamado D_{Total} .

Paso 5. Calcular la distancia crítica entre estaciones $D_{Crít}$ mediante la siguiente ecuación:

$$D_{Crít} (km) = D_1 (km) + D_2 (km) \quad (11)$$

Paso 6. Para determinar la factibilidad técnica-operativa de ambas estaciones se considera lo siguiente:

-Si $D_{Crít}$ es igual a D_{Total} , los contornos de los servicios son tangentes, por lo que se encuentran en el límite de la interferencia admisible (ver Gráfico 4).

-Si $D_{Crít}$ es menor que D_{Total} , se cumplen las relaciones de protección por lo que una nueva estación comunitaria (interferente) con los parámetros propuestos es factible (ver Gráfico 5).

-Si $D_{Crít}$ es mayor que D_{Total} , la estación interferente no cumple con las relaciones de protección exigidas por CONATEL y debe evaluarse cambiar la potencia o la frecuencia de la estación propuesta (ver Gráfico 6).

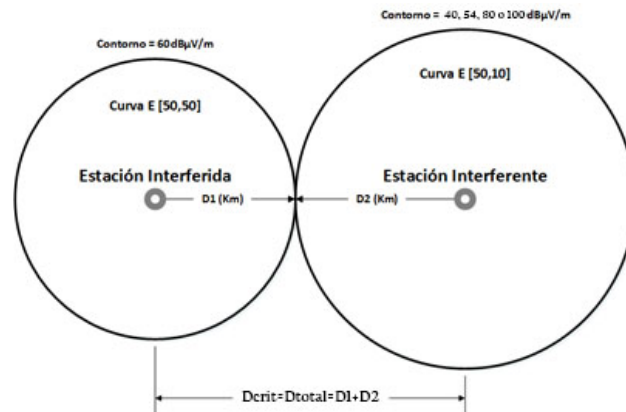


Gráfico 4. Condición límite para la interferencia admisible de dos estaciones de radio FM comunitaria, en la cual los contornos son tangentes.

Fuente. Salcedo, M. (2017). Adaptado de Robledo y Castañeda (2015).

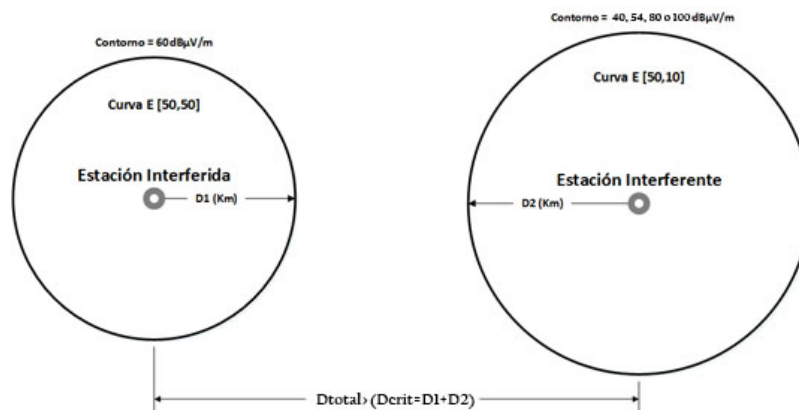


Gráfico 5. Cumplimiento de las relaciones de protección entre dos estaciones FM comunitarias.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

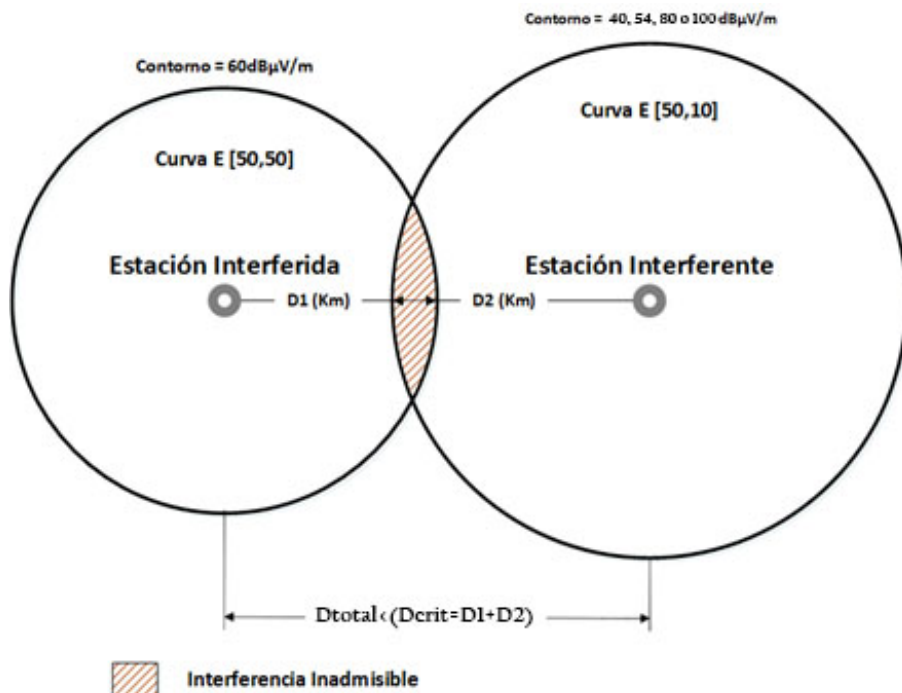


Gráfico 6. Superación de la condición límite que permite la factibilidad entre estaciones produciendo interferencia perjudicial.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Como ejemplo del procedimiento metodológico señalado anteriormente se realizó un cuadro de factibilidad como herramienta para determinar rápidamente si es posible o no el establecimiento de dos estaciones con frecuencia cocanal en un municipio determinado, utilizando como criterio la zona de cobertura mínima permitida por parroquia en el municipio Valencia del estado Carabobo.

Si el área mínima reglamentada de una estación interfiere con las mínimas de las parroquias adyacentes, entonces se considerará que no es factible ubicar dos estaciones cocanales en las parroquias estudiadas. Bajo la premisa anterior se determinó para el ejemplo en cuestión que el área de cobertura reglamentada para una estación de radio comunitaria no debe ser menor al área total geográfica de la parroquia, sin dejar por fuera fracciones de la

misma. Por tanto la ubicación de la antena transmisora para que esta área sea mínima es el centro de la parroquia (ver Gráfico 7).

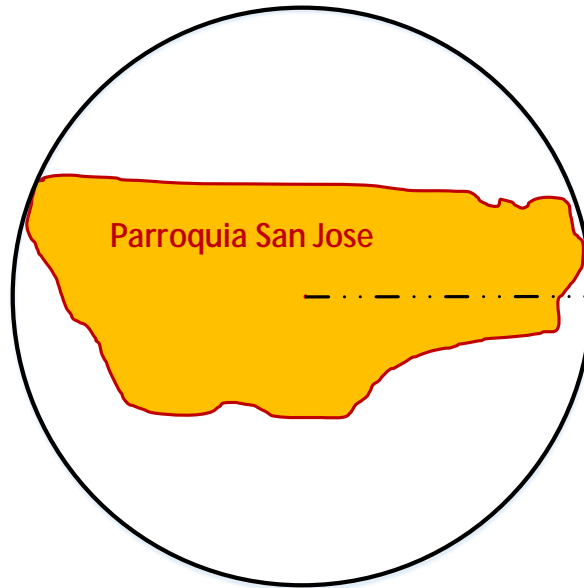


Gráfico 7. Zona de cobertura mínima de la Parroquia Urbana San José, Valencia.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

A fin de realizar el cuadro de factibilidad, se buscó las coordenadas centrales de cada una de las parroquias de Valencia usando como criterio que éstas se encuentran ubicadas en el centro del rectángulo que inscribe a la parroquia estudiada. Para ello se realizaron los siguientes pasos:

- Paso 1. Se ubicaron los límites Norte, Sur, Este y Oeste de la parroquia. De esta forma se obtiene la latitud y longitud mínima y máxima de la misma (ver Gráfico 8).
- Paso 2. Se calcularon la latitud y longitud de la coordenada central mediante la siguientes ecuaciones:

$$Lat_c = \frac{Lat_{min} - Lat_{máx}}{2} \quad (12)$$

$$Lon_C = \frac{Lon_{min} - Lon_{m\acute{a}x}}{2} \quad (13)$$

Donde Lat_C y Lon_C se refieren a la latitud y longitud del punto central respectivamente.

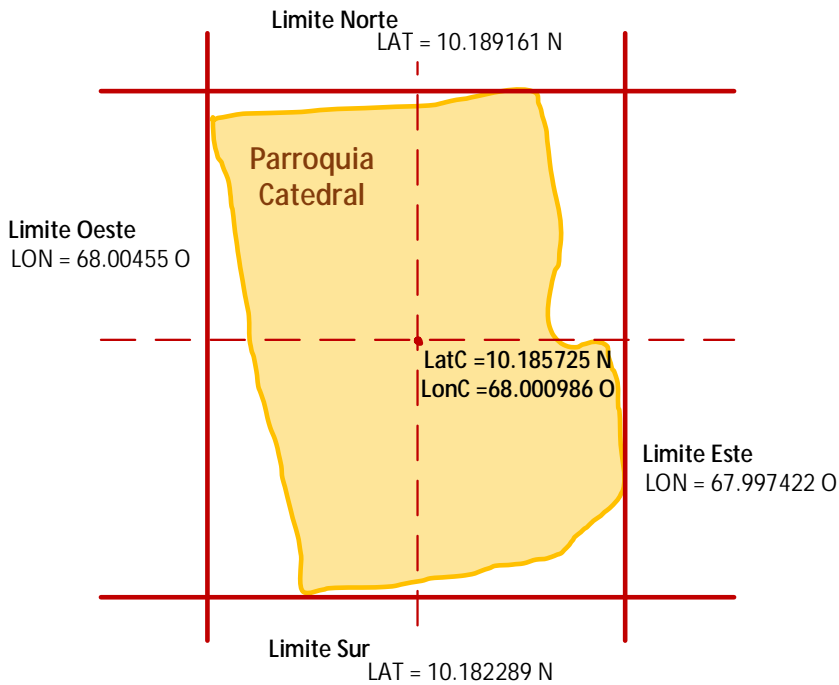


Gráfico 8. Límites y Centro de la Parroquia Urbana Catedral para ejemplificar la utilización de la metodología propuesta.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

Posteriormente, se aplicaron los pasos mencionados en la metodología planteada anteriormente para encontrar la mínima, D_1 y D_2 de cada estación, usando como referencia para este ejemplo una de 30 m. Con estos parámetros se pudo obtener la distancia crítica y la distancia total entre estaciones. Los resultados de éste procedimiento se demuestran en la siguiente tabla (ver Tabla 3).

Tabla 3. Centro de las parroquias de Valencia y parámetros considerados en el estudio de factibilidad, siguiendo los lineamientos de zona de cobertura mínima.

	<i>Lat_c</i>	<i>Lon_c</i>	<i>D₁</i> km	<i>D₂</i> km	<i>PER_{min}</i> W
	10°11'8.6094" N	68°0'3.549" O	1.40	4.44	0.40
	10°10'30.0612" N	68°0'55.35" O	3.08	9.95	9.18
	10°10'57.255" N	68°0'58.7226" O	3.10	9.99	9.33
	10°8'12.5664" N	67°57'21.0594" O	13.03	52.08	2825
	10°10'51.2538" N	67° 59'26.7648" O	3.17	10.21	10.18
	10°11'55.5894" N	68°3'12.4986" O	15.22	65.28	5280
	10°9'27.4494" N	67°59'36.7512" O	5.12	16.61	68.62

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Finalmente se realizó un estudio de interferencia con la metodología propuesta, teniendo como resultado el siguiente cuadro de factibilidad (ver Tabla 4):

Tabla 4. Ejemplo de cuadro de factibilidad de estaciones comunitarias en Valencia siguiendo los lineamientos de zona de cobertura mínima.

		Estación Interferente						
		CAT	CAN	SOC	RU	SB	SJ	SR
Estación Interferida	CAT	N/A	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	CAN	NF	N/A	NF	NF	NF	NF	NF
	SOC	NF	NF	N/A	NF	NF	NF	NF
	RU	NF	NF	NF	N/A	NF	NF	NF
	SB	NF	NF	NF	NF	N/A	NF	NF
	SJ	NF	NF	NF	NF	NF	N/A	NF
	SR	NF	NF	NF	NF	NF	NF	N/A

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Analizando el cuadro anterior, se puede concluir que no es posible establecer dos estaciones cocanales en Valencia con una D_1 de 30 m siguiendo las exigencias referentes a la zona de cobertura mínima establecida según el Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro.

En vista de la condición señalada, se procedió a realizar un segundo estudio con los mismos parámetros de ubicación y altura, en el cual se disminuyó en forma gradual y proporcional la D_1 empleada para la estación de cada parroquia con el objetivo de determinar la máxima D_2 que facilitaría la condición de factibilidad entre por lo menos dos estaciones FM comunitarias en el municipio Valencia, encontrándose que la misma se obtuvo al alcanzar la octava parte de su valor y adicionalmente se empleó una separación de frecuencias de 400 KHz ya que se realizaron pruebas con una separación de 200 KHz y no se logró alcanzar la condición de factibilidad.

Con estos parámetros la zona de cobertura es menor a la mínima reglamentada y al estar las estaciones separadas en frecuencia hay mayor probabilidad de factibilidad. Se obtuvo un nuevo cuadro de datos (ver Tabla 5).

Tabla 5. Centro de las parroquias de Valencia y parámetros considerados en el estudio de factibilidad, sin respetar la zona de cobertura mínima reglamentada.

	Lat_c	Lon_c	D_1 km	D_2 km	W
	10°11'8.6094" N	68°0'3.549" O	0.730	0.001	0.05
	10°10'30.0612" N	68°0'55.35" O	1.881	0.003	1.14
	10°10'57.255" N	68°0'58.7226" O	1.889	0.010	1.16
	10°8'12.5664" N	67°57'21.0594" O	7.743	2.467	353.12
	10°10'51.2538" N	67° 59'26.7648" O	1.932	0.045	1.27
	10°11'55.5894" N	68°3'12.4986" O	9.150	2.856	660
	10°9'27.4494" N	67°59'36.7512" O	3.027	0.796	8.57

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Finalmente se realizó nuevamente un cuadro de factibilidad con los parámetros obtenidos (ver Tabla 6), en el cual se obtuvo que es posible establecer estaciones utilizando una separación de frecuencias mayor, sin embargo debe considerarse la reducción de la potencia empleada, la cual se encuentra fuera de la normativa de zona de cobertura mínima.

Tabla 6. Ejemplo de cuadro de factibilidad de estaciones comunitarias en Valencia utilizando parámetros distintos a los reglamentados.

		Estación Interferente						
		CAT	CAN	SOC	RU	SB	SJ	SR
Estación Interferida	CAT	N/A	F	F	F	F	F	F
	CAN	NF	N/A	NF	F	F	F	F
	SOC	NF	NF	N/A	F	F	NF	F
	RU	NF	F	F	N/A	NF	F	NF
	SB	NF	F	F	F	N/A	F	NF
	SJ	NF	NF	NF	F	NF	N/A	NF
	SR	F	F	F	NF	NF	F	N/A

Fuente. Salcedo, M. (2017).

4.3 FASE III: Desarrollo de un programa informático de acuerdo a la metodología diseñada.

Para realizar el diseño e implementación del programa, éste se dividió en tres niveles abstractos que se comunican entre sí pero poseen funciones y procedimientos independientes. Estos niveles corresponden a datos, mediación y presentación, como se muestra en el diagrama (ver Gráfico 9).

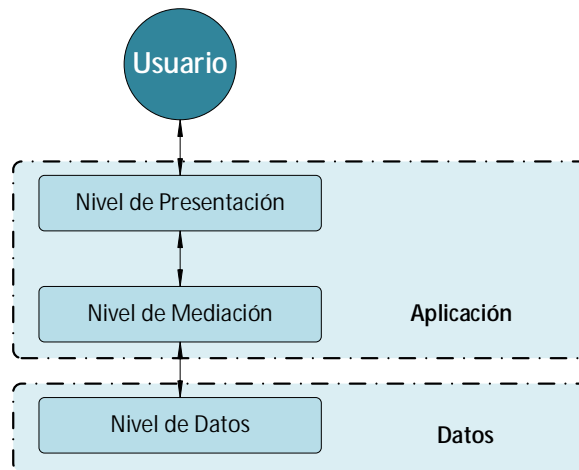


Gráfico 9. Niveles del programa informático.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

4.3.1 Nivel de Datos

Está conformado por las bases de datos que son requeridas para la ejecución de la metodología planteada en la fase anterior, entre ellas se encuentran:

- Base de datos de altitud sobre el nivel del mar.
- Tabulación de la curva E(50,50) de 100 MHz UIT-R P.1546-5.
- Tabulación de la curva E(50,10) de 100 MHz UIT-R P.1546-5.
- Base de datos de las coordenadas pertenecientes a los límites político-territoriales de las parroquias de la ciudad de Valencia.
- Base de datos de las coordenadas pertenecientes a los límites político-territoriales del municipio Valencia.
- Base de datos de imágenes y figuras.

Como base de datos de altitud sobre el nivel del mar, se empleó la API de la aplicación Google Maps, la cual permite utilizar la biblioteca de Google Maps y ciertas funciones, subrutinas y procedimientos de la misma. Esto sin embargo limita al programa informático requiriendo de acceso a internet para su funcionamiento y de una llave de seguridad proporcionada por Google.

La base de datos de las coordenadas pertenecientes a los límites político-territoriales tanto del municipio Valencia como de las parroquias que la conforman se construyó sobre la base de un rastreo paramétrico bidimensional de contornos efectuado con la ayuda de Google Earth (imágenes satelitales) y de la Ley de División Político-Territorial del Estado Carabobo, ya que no se dispone de un mapa publicado detallado con la división parroquial de Valencia (ver Gráfico 10). Poseer esta base de datos en forma digital fue indispensable para el desarrollo del programa, ya que permite realizar el análisis físico-matemático compatible con las fronteras ideológicas de las parroquias.

Una de las ventajas de realizar la digitalización por medio de fotografía satelital es el hecho de que la información puede ser actualizada fácilmente, lo cual es requerido si se desea mejorar la base de datos en el tiempo. Se hace notar que esto es importante ya que la información catastral sufre cambios en un periodo relativamente corto de tiempo, como fue el caso de la conversión de la antigua parroquia Miguel Peña a municipio en un periodo menor de 10 años.

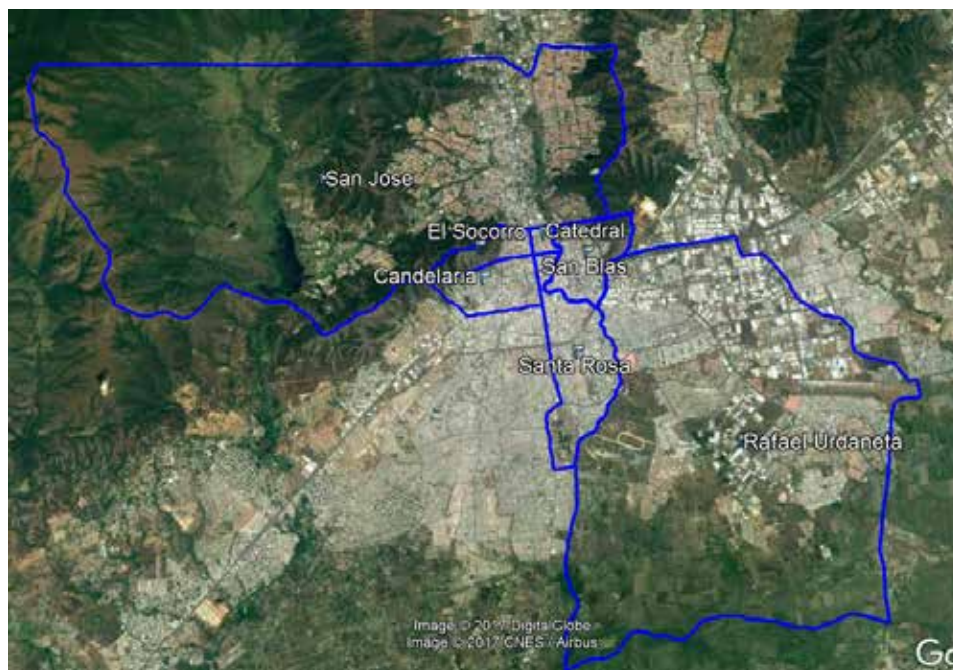


Gráfico 10. Digitalización de la división parroquial y político-territorial del municipio Valencia.

Fuente. Salcedo, M. (2017) a través del software Google Earth.

Para realizar la digitalización de estas divisiones territoriales, se dividieron los límites entre parroquias en 16 secciones (ver Anexo C) en las cuales para aumentar la precisión al momento de parametrizar, se incrementó la cantidad de puntos muestreados en las curvas simplemente conexas. Las coordenadas de cada punto se obtuvieron mediante archivos de formato KML proporcionados por el software Google Earth empleado la herramienta “polígono”. El formato de archivo KML se utiliza para mostrar datos geográficos en un navegador terrestre, como Google Earth o Google Maps. KML emplea una estructura basada en etiquetas con atributos y elementos anidados y está basado en el estándar XML. Para su implementación en el programa informático, estos datos fueron transformados ya que el software fue desarrollado mediante el lenguaje de programación Visual Basic, el cual no es compatible con XML.

En la siguiente figura se puede apreciar un ejemplo de dicha parametrización (ver Gráfico 11), nótese que en cada punto adquirido de la frontera (señalado en color rojo) se sincroniza en latitud-longitud e incorpora a la base de datos de coordenadas asociadas al perímetro de la parroquia.



Gráfico 11. Digitalización de los límites político-territoriales de la Parroquia Urbana Candelaria.

Fuente. Salcedo, M. (2017). A través de Google Earth.

La base de datos digital empleado por el programa para las curvas de la recomendación UIT-R P.1546-5 se encuentran publicadas libremente para su visualización (ver Anexo D y E).

4.3.2 Nivel de Presentación

Se encuentra constituido por toda la interfaz que permite que se muestren en pantalla las respuestas a las solicitudes realizadas a la aplicación, es decir la GUI del programa. En esta interfaz se encuentran los controles que hacen posible la comunicación con el usuario.

En el diseño existe un dualismo entre los aspectos funcionales como los estéticos para cualquier aplicación.

4.3.2.1 Diseño Gráfico

Desde el punto de vista gráfico, la estética de una GUI permite facilitar al usuario la comprensión de la función de cada uno de los elementos que la conforman. Asimismo, la complejidad de una interfaz puede causar frustración si sus elementos estéticos no están debidamente equilibrados.

Los colores principales empleados en el diseño de la interfaz fueron el blanco y el rojo, los cuales contrastan entre si y se seleccionaron partiendo de los colores en los que suelen ser pintadas las torres de radio transmisión para que sean visibles ante las aeronaves. De igual forma, se utilizó el color gris para señalar funciones bloqueadas en el sistema.

Se agregó adicionalmente una pantalla de inicio, la cual se muestra en el arranque del programa, la cual contiene el nombre del mismo, el cual se decidió sería llamado Estudio de Factibilidad Técnica-Operativa (EFACTO), además de su logotipo (ver Gráfico 12) y finalmente para la ventana del programa se adicionó un icono representativo, el cual corresponde a un receptor de radio.



Gráfico 12. Splash Screen como pantalla de inicio del software desarrollado.
Fuente. Salcedo M. (2017).

4.3.2.2 Diseño Funcional

Visto desde el punto de vista funcional se requiere de una conceptualización y de una comprensión de las necesidades del usuario para poder percibir los elementos que integran el programa en un mínimo de tiempo. Luzardo (2009) señala que la consistencia en el diseño de la GUI es importante ya que “el usuario sólo tiene que aprender una sola vez donde localizar las acciones en los menús, y aunque se produzca un cambio en la aplicación, sepa localizarlos sin problemas”. Bajo esta premisa, la interfaz está compuesta por tres etapas principales para su simplicidad. Las etapas se encuentran distribuidas en pestañas, las cuales a su vez están conformadas por dos segmentos, el lado izquierdo corresponde a la estación interferente y el derecho a la estación interferida (ver Gráfico 13).

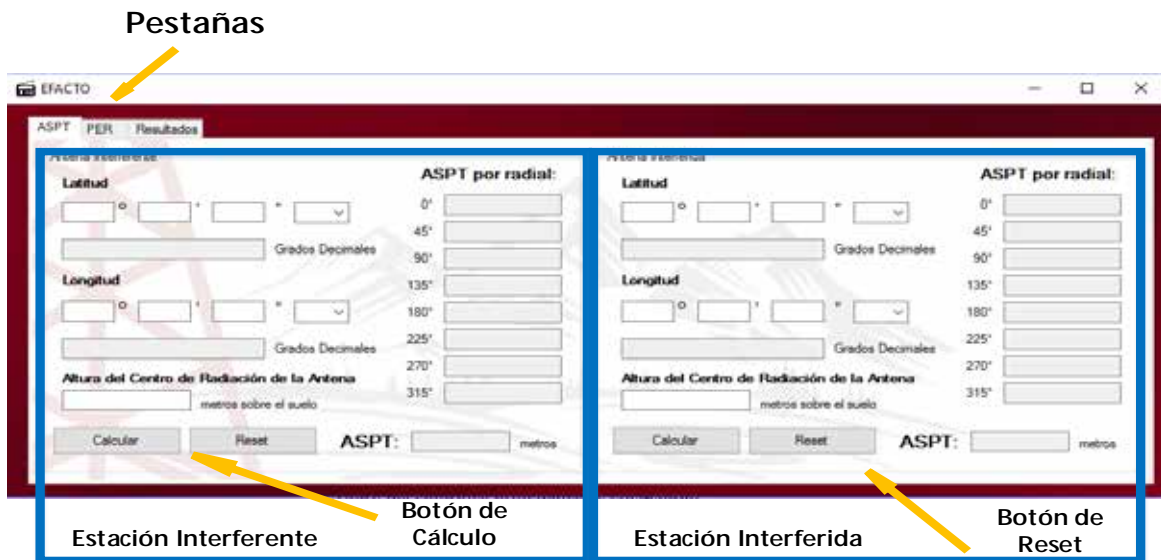


Gráfico 13. Elementos de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) del programa informático.
Fuente. Salcedo M. (2017).

Entre los controles principales se encuentran:

- Las pestañas: Dividen el programa en tres partes principales: Determinación de la ASPT, PER y Resultados. Cada una de las pestañas posee un fondo diferente constituido por una imagen representativa de la sección.

- Botones de Cálculo: Realizan las funciones de cálculo de ciertos parámetros, los procesos mencionados en la metodología y los procesos requeridos para el buen funcionamiento del programa.

- Botón de Reset: Permite reiniciar el programa, por lo que elimina los datos escritos por el usuario en las cajas de texto.

- Botón de Confirmación: Bloquea todas las cajas de texto impidiendo que éstas puedan ser modificadas. Es el último control que puede ser empleado por el usuario y es el que permite la visualización de los resultados finales.

Finalmente, se implementó el uso de ventanas emergentes para notificar al usuario ante eventos significativos que atenten contra el funcionamiento del programa, como es el caso de errores al introducir datos en las cajas de texto.

4.3.3 Nivel de Mediación

Se refiere a todas las funciones y procedimientos que hacen la unión y solicitudes al nivel de datos y envían las respuestas a la interfaz principal. Además de establecer la comunicación necesaria para la transición entre una pestaña y otra. Estas funciones se clasifican en cinco tipos:

-Funciones de Cálculo: Se refiere a aquellas que realizan únicamente cálculos matemáticos tales como determinación de potencia, distancia entre dos puntos, entre otros (ver Anexo F).

-Funciones de Interpolación: Se encargan de la obtención de valores que no coinciden con las tabulaciones de las curvas de la recomendación UIT-R P.1546-5 (ver Anexo G).

-Funciones de Comunicación: Tienen la tarea de abstraer los datos otorgados por el usuario y enviar a la GUI los resultados de una operación una vez haya sido procesada (ver Anexo H).

-Funciones de Revisión: Validan los datos proporcionados por el usuario con el fin de prevenir errores en el programa (ver Anexo I).

-Funciones de Continuidad: Se encargan de bloquear y desbloquear elementos de la GUI como es el caso de los botones y las cajas de texto. Establecen la comunicación entre pestañas (ver Anexo J).

4.3.4 Manejo de errores del usuario

El manejo de errores se dará cuando el usuario ingrese algún dato que no es válido, o cuando no ingrese información en un campo obligatorio. Una vez ocurrido el error, se mostrará una ventana emergente señalando la descripción del mismo (ver Gráfico 14).

Con el fin de evitar y reducir los errores que el usuario puede cometer, se implementaron valores por defecto de ciertos parámetros y así como se limitaron algunos. Por ejemplo en la tercera pestaña si el usuario no selecciona la frecuencia de separación a utilizar antes de confirmar los datos, el programa asumirá que ambas estaciones de radio son cocanales.

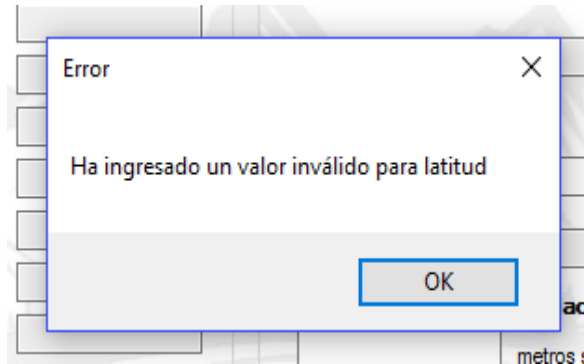


Gráfico 14. Ejemplo de ventana emergente con anuncio de error.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

4.3.5 Descripción de las pestañas del programa

4.3.5.1 Pestaña de ASPT

Está conformada por dos módulos que poseen la misma cantidad de elementos, uno para la estación interferida y otro para la interferente (ver Gráfico 15). En esta pestaña se realiza el proceso de ubicación de la antena de transmisión de ambas estaciones, y tiene como datos de entrada las coordenadas de ubicación del transmisor y la h_{t} respecto al suelo. Una vez presionado el botón de cálculo se realizará el procedimiento correspondiente a la metodología propuesta en la fase anterior de esta investigación para obtener la r_{i} por cada radial y la r_{p} promedio que será usada en la próximos cálculos.

Se realizó un diagrama de flujo para mostrar los procesos realizados en cada módulo (ver Gráfico 16).

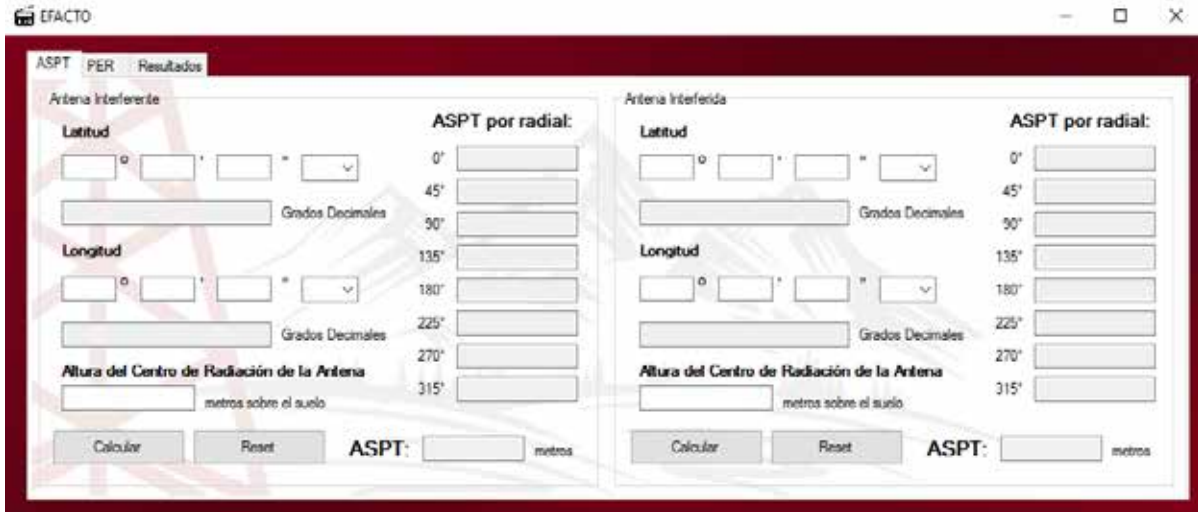


Gráfico 15. GUI mostrada en la pestaña de ASPT del programa informático.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

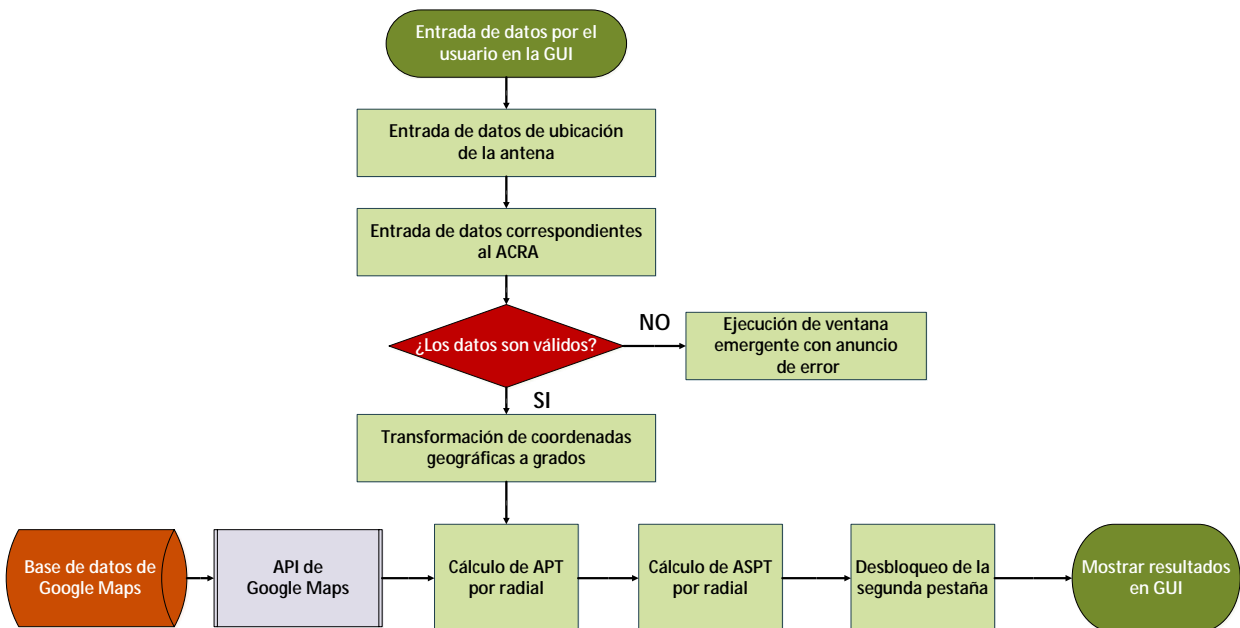


Gráfico 16. Proceso del módulo de estación interferente y estación interferida de la pestaña de cálculo de la ASPT.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

4.3.5.2 Pestaña de PER

Al igual que la pestaña anterior, posee dos módulos con los mismos elementos, uno para la estación interferida y otro para la interferente (ver Gráfico 17). En esta pestaña se encuentra un resumen de los datos encontrados en la pestaña anterior, además le exige al usuario agregar un dato adicional de ubicación, la selección de la parroquia de la antena de transmisión de ambas estaciones. Al presionar el botón de cálculo se definirán los límites de distancia y tanto mínimos como máximos. Una vez realizado este proceso el usuario puede introducir el valor de la PER que utilizará ambas estaciones y finalmente confirmará todos los datos a través del botón respectivo.

Se realizó un diagrama de flujo para mostrar los procesos realizados en cada módulo (ver Gráfico 18).



Gráfico 17. GUI mostrada en la pestaña de PER del programa informático.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

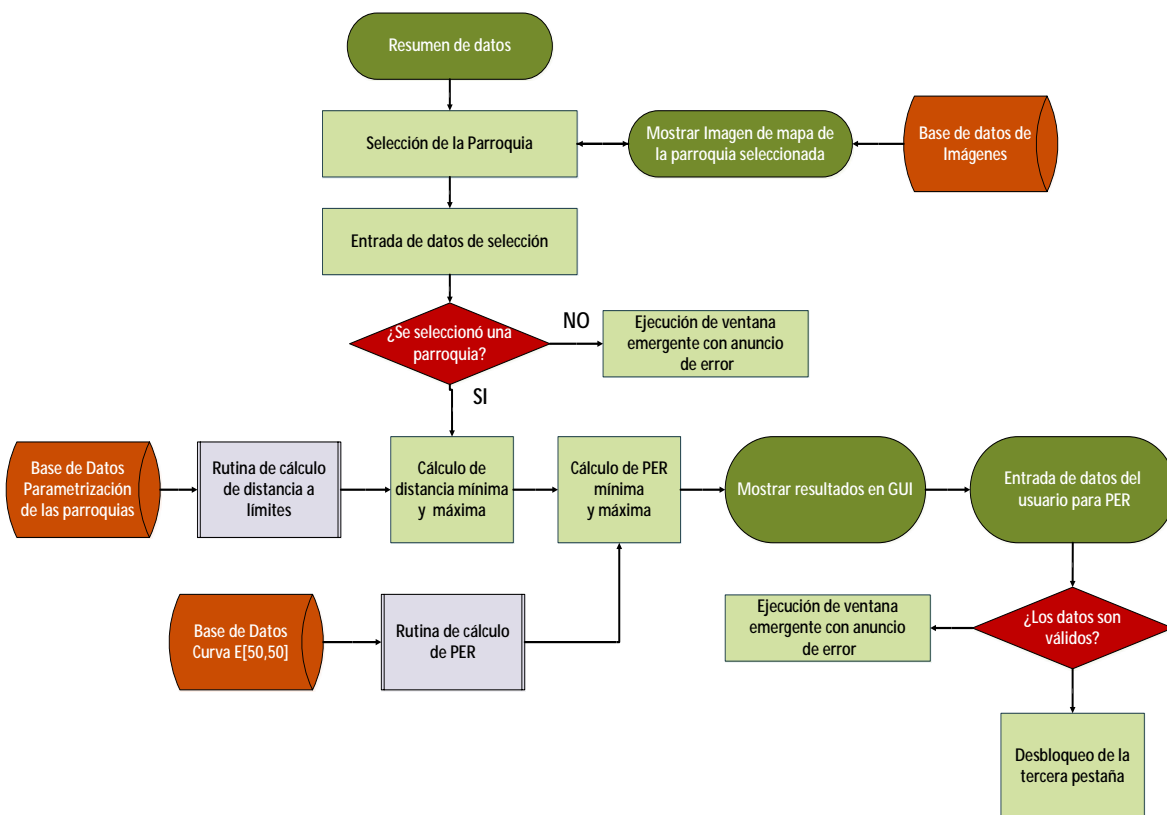


Gráfico 18. Proceso de la pestaña de PER utilizado en el desarrollo del software.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

4.3.5.3 Pestaña de resultados

Esta pestaña posee tres módulos, uno para el resumen de cada estación y un módulo adicional para resultados (ver Gráfico 19). El único dato que agregará el usuario es la separación de frecuencias entre las estaciones, con el fin de seleccionar el contorno de protección adecuado para el estudio de factibilidad. Se realizó un diagrama de flujo para mostrar los procesos realizados en la pestaña (ver Gráfico 20).

En el módulo de resultados se indicara si la estación interferente sobrepasa el contorno de protección de la estación interferida, además se mostrara un mapa geográfico de la parroquia en donde se encuentran ambas estaciones.



Gráfico 19. GUI mostrada en la pestaña de resultados del programa informático.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

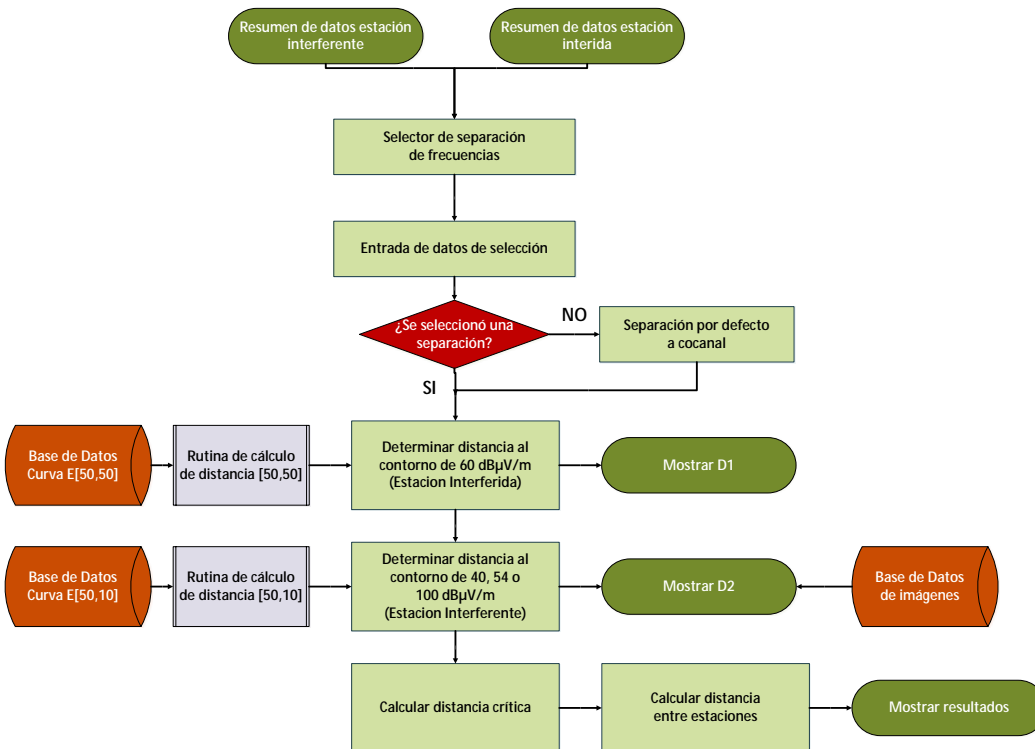


Gráfico 20. Proceso ejecutado en la pestaña final de resultados del programa informático.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

4.3.6 Rendimiento

Las respuestas del programa respecto a cálculos para determinar la ASPT varían dependiendo de la velocidad de internet ya que es dependiente de la base de datos de Google Maps. El resto de las operaciones se realizan rápidamente con un tiempo de respuesta entre 1 a 5 segundos.

4.3.7 Restricciones

El programa informático solo puede ser empleado en el sistema operativo Windows debido a que su programación ha sido realizada en el lenguaje Visual Basic NET.

Dependiendo del plan empleado en el registro de la Google API, se podrán realizar un cierto número de solicitudes a la base de datos de Google Maps. Para el funcionamiento del programa del presente estudio se disponen de 2500 solicitudes gratuitas por día con una velocidad de 50 solicitudes por segundo.

4.3.9 Requerimientos técnicos mínimos

- La memoria del dispositivo debe ser de por lo menos 2 GB.
- Se debe contar con un espacio mínimo de memoria de 30 MB.
- El proveedor de servicios de internet debe garantizar una velocidad mínima de descarga de 0.07Mbps.
- Microsoft® Windows® (compatible con Windows 7, Windows 8 y Windows 10).
- Procesador de 2.5 GHz.

4.4 FASE IV: Ejecución de una prueba piloto del programa informático, para estaciones FM ubicadas geográficamente en la ciudad de Valencia.

Como ejemplo de aplicación y para la validación de la metodología propuesta, se realizó una prueba piloto, considerando hipotéticamente el caso de una Estación A (Estación Interferida) ya existente, ubicada en la Parroquia Urbana Candelaria con una ubicación geográfica N 10° 10' 21.5" O 68° 0' 35.0" y una altura de 90 m sobre el suelo y una Estación B (Estación Interferente) que desea ser implementada en la Parroquia Urbana San Blas con coordenadas N 10° 11' 4.3" N 67° 59' 10" y una altura de 100 m sobre el suelo. Las estaciones poseen una separación de frecuencias de 400 KHz.

Se introdujeron los datos mencionados anteriormente en la primera pestaña de la GUI y el programa informático arrojó los siguientes resultados para la (ver Gráfico 21): Una de 31.98 m para la estación interferente y otra de 46.13 m para la estación interferida.

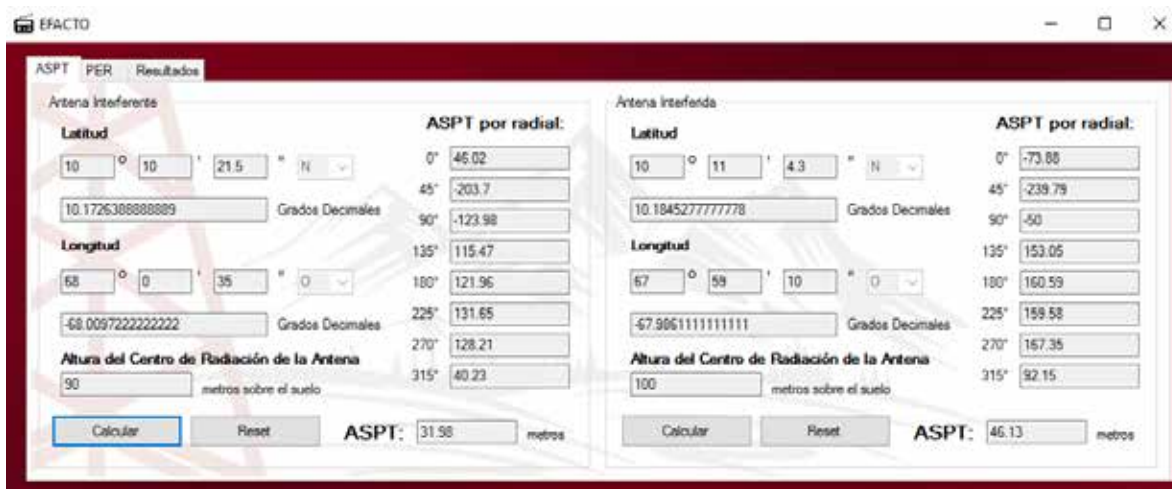


Gráfico 21. Resultados de la prueba piloto referente al cálculo de la ASPT de dos estaciones FM comunitarias.
Fuente. Salcedo, M. (2017).

Posteriormente se seleccionaron las parroquias correspondientes a esas dos estaciones y se obtuvo lo siguiente:

- Para la estación interferente, la potencia mínima debe ser 16.5 W, para alcanzar una distancia mínima de 2.13 km y la potencia máxima corresponde a 29.52 kW para alcanzar una distancia máxima de 14.06 km.
- Para la estación interferida, la potencia debe estar comprendida entre 6.34 W y 26.95 kW para abarcar una zona de cobertura de 2.04 km a 15.93 km.

Al seleccionar una PER para la estación interferente de 18 W y una PER para la interferida de 8 W, los resultados de la metodología propuesta arrojaron que la distancia entre ambas estaciones correspondía a 2.90 km y la distancia crítica a 4.83 km (ver Gráfico 22).

Seguendo la metodología propuesta, se concluye que las estaciones no son factibles debido a que la distancia critica es mayor a la distancia total entre ellas.



Gráfico 22. Resultados de la prueba piloto empleando una potencia mayor a la mínima de la metodología propuesta.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Se observó que al igual que el ejemplo realizado en la segunda fase de este trabajo de investigación, no es factible establecer una estación en la parroquia San Blas teniendo una estación existente en la parroquia Candelaria a pesar de que esta vez el estudio se realizó con una separación de 400 KHz. Al analizar estos resultados, se deduce que esto ocurre principalmente debido a que se tiene que abarcar la zona de cobertura mínima del reglamento venezolano de radio comunitaria, y dado que las parroquias poseen una forma irregular, existen múltiples ocasiones en que la zona de cobertura abarca un área mucho mayor al área geométrica de la parroquia como es el caso de la parroquia Santa Rosa (ver Gráfico 23) en la cual se genera sobrealcance que facilita la interferencia perjudicial.

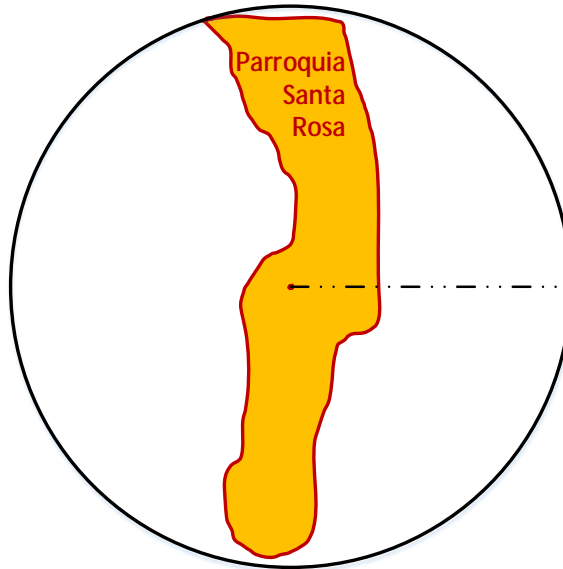


Gráfico 23. Zona de cobertura mínima reglamentada de la parroquia Santa Rosa de un transmisor ubicado en el centro de la misma.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Posteriormente se realizaron alrededor de 70 pruebas con el fin de evaluar la pertinencia de la metodología y la confiabilidad de sus resultados. Se concluyó a partir de los resultados obtenidos que las rutinas empleadas relacionadas con el cálculo de distancias se desvían entre 50 y 100 m respecto a resultados determinados mediante cálculos manuales, principalmente debido a los métodos de cálculo e interpolación empleados y el redondeo de coordenadas geográficas y otros parámetros.

Las pruebas se realizaron en siete escenarios diferentes, en de ellos se fijó como estación interferida cada una de las parroquias que conforman el municipio Valencia. En estos escenarios se emplearon 10 pruebas distintas, siete tomando en consideración cada parroquia como estación interferente con una separación de frecuencias de 200 KHz y tres pruebas en las que se seleccionó una parroquia al azar en las cuales se incrementó la separación en 400 y 600 KHz. Para incrementar la probabilidad de coexistencia entre

estaciones se procuró seleccionar una cercana o igual a la $PER_{mín}$ y una tal que la fuera menor o igual a 30m.

Al realizar las pruebas se determinó que solo el 7.15% de los casos estudiados resultó factible la coexistencia entre las estaciones, de los cuales en los casos en que la estación interferida o interferente eran las parroquias Catedral, Rafael Urdaneta o San José no hubo factibilidad sin importar la separación en frecuencias.

Al analizar los resultados de esta última fase, se comprobó que esta metodología puede ser empleada para distintos fines:

1. Estudiar la factibilidad técnica-operativa de una estación FM comunitaria.
2. Realizar un estudio de interferencia entre dos estaciones.
3. Realizar un cuadro de factibilidad dados ciertos criterios establecidos.
4. Evaluar si una estación FM comunitaria cumple con el reglamento venezolano de este servicio.
5. Determinar la ASPT promedio y por radial de una estación de radio FM comunitaria o convencional.
6. Detectar posibles errores y omisiones en la reglamentación vigente.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta cumplió con el objetivo de permitir la ejecución de estudios de factibilidad técnica-operativa para estaciones de radiodifusión sonora FM comunitaria en Venezuela y el programa informático desarrollado demostró poder ser utilizado a tal efecto.

La base de datos obtenida a través de la digitalización de las fronteras político-territoriales del municipio y parroquias de la ciudad de Valencia, con la técnica descrita de adquisición diseñada en este estudio fue esencial para el desarrollo de la presente investigación y demostró poseer potencial para su utilización en la realización de otros estudios.

Venezuela carece de las herramientas de cómputo apropiadas para realizar estudios de interferencia entre estaciones FM comunitarias en el sentido técnico y operacional que se adapten a las peculiaridades que establecen la zona de cobertura en el reglamento, analizando los resultados en cada fase de este estudio, se pudo concluir que basándose solo en el reglamento vigente de radiodifusión sonora FM comunitaria, no es posible construir una matriz de distancias mínimas generalizada entre estaciones ya que no se definen los límites de d_{min} y d_{max} .

Adicionalmente en el reglamento no se definen los niveles de intensidad campo eléctrico requeridos para limitar la zona de cobertura y el contorno protegido (zona libre de interferencia perjudicial) en el servicio de radiodifusión sonora FM comunitaria.

El criterio empleado por el Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro para definir los límites de zona de cobertura mínima y máxima no son técnicamente adecuados para establecer múltiples estaciones en un mismo municipio debido a que dependen de la forma irregular de la parroquia en la que se encuentra ubicado el transmisor. Además de que al establecer una estación con la zona de cobertura máxima permitida pueden llegar a implementarse potencias mucho mayores que las permitidas para las estaciones FM convencionales.

RECOMENDACIONES

En primer lugar, se recomienda la utilización de la metodología propuesta al momento de establecer una nueva estación FM comunitaria. Se recomienda a CONATEL realizar una revisión y auditoría técnica del Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitaria de Servicio Público, Sin Fines de Lucro con fines de objetivar los cálculos y erradicar las incompatibilidades técnicas que hacen inviable garantizar la coexistencia entre estaciones FM comunitarias y convencionales. De la misma forma, se recomienda a CONATEL como solución interina evaluar una posible implementación de la metodología mencionada y ser anexada como método de estudio de interferencias en el reglamento.

Es aconsejable realizar un estudio de interferencias con los datos pertenecientes a la base de datos geográfica de ubicación de las estaciones FM comunitarias de CONATEL, la cual no se encuentra publicada, e incluso podría ser anexada al programa informático con el fin de realizar estudios de interferencia con estaciones existentes.

Con el fin de restringir la a usar dentro de la metodología y tomando en cuenta que las estaciones FM comunitarias por su definición tienen una zona de cobertura menor que las estaciones convencionales, se propone utilizar una ASPT menor a 30m, debido a los resultados obtenidos en la segunda fase de la investigación, en los cuales con una ASPT de 30 m no es posible establecer dos estaciones cocanales en la ciudad de Valencia usando parámetros mucho menores a los máximos establecidos. Se recomienda realizar un estudio adecuado para definir este límite dentro del reglamento, teniendo la posibilidad de definir una clase para este servicio, como si lo poseen el reglamento referente a radio FM convencional.

A los efectos de mejorar el software informático, se recomienda implementar en el programa informático una base de datos de información de terreno diferente a la empleada en esta investigación, lo que permitiría al software desarrollado ser independiente de las velocidades proporcionadas por el proveedor de servicios de internet. Siendo la base de datos del (SRTM) la más recomendada ya que proviene de una fuente confiable como la NASA y ha sido empleado en otros softwares como .

Finalmente, se recomienda también mantener lo más actualizada posible la información de las bases de datos implementadas en este proyecto, y extenderlas a otras ciudades. Asimismo extender las funciones del programa informático con el fin de adecuar la metodología propuesta a radio FM convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, D. (2006). **Diagrama tridimensional de campo lejano de una antena Yagi para la banda de radioaficionados de 10m, modelizada por MMANA**. Wikimedia Commons, extraído el 1 de septiembre de 2017 desde <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MMANA-Yagi-10m-3D.JPG>
- Arias, F. (2006). **El proyecto de investigación, guía para su elaboración**. Caracas: Episteme Oriol.
- Aznar, A. (2009). **Antenas**. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Bava, J. (2010). **Antenas para radiómetros en onda milimétrica con haces múltiples**. Trabajo de grado de maestría. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Castaño, F. (2009). **Diagrama general de radiación**. Wikimedia Commons, extraído el 1 de septiembre de 2017 desde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagrama_gen_rad.JPG
- Da Fonseca, P. y Passos, M. (2007) **Análise Numérica da Ferramenta SIGANATEL para o Cálculo de Viabilidade de Canais de FM**. Ponencia presentada en el XXV Simposio Brasileiro De Telecomunicações, Recife, Pernambuco.
- FEDUPEL (2011). **Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales**. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- García, J. (2002). **Desempeño de Modelos de Propagación en Comunicación Móvil para la zona de Caldas Parte 1: Modelos para áreas urbanas**. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia. Extraído el 21 de mayo de 2017 desde <http://www.docentes.unal.edu.co/jcgarciaa/docs/Papers/ID016.pdf>
- Guía, M. y Medina, F. (2013). **Modelo de predicción para la propagación de la señal de televisión digital abierta en Venezuela**. Tesis de grado para optar al título de Ing. de Telecomunicaciones. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF).

39.862 Extraordinario, 2011.

Gaceta Oficial. **Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitarias de Servicio Público, Sin Fines de Lucro.** Decreto No. 1.521. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 37.359 Extraordinario, 2001.

Reglamento sobre radiodifusión sonora en frecuencia modulada. Decreto No. 3.463 Extraordinario, 1984.

IEEE. (1983). **IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas.** Nueva York, EE.UU.

Lumko, M. y otros (1998). **What is community radio.** Johannesburg: AMARC África y Panos África Austral.

Luzardo, A. (2009). **Diseño de la interfaz gráfica web en función de los dispositivos móviles.** Maestría en diseño, Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina.

Marco, M. (2011). **Propuesta de creación de una radio para la comarca de la Vega Baja del Segura.** Tesis de grado para optar al título de Licenciado en Comunicación Audiovisual. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Pacheco, F. (2006). **Análisis cuantitativo de la programación de XHCOM 105.9 Mhz SICOM RADIO Puebla durante mayo, junio y julio de 2006.** Licenciatura en Ciencias de la Comunicación, Universidad de las Américas de Puebla, México.

Robledo, F. y Castañeda, I. (2015). **Propuesta de una matriz de distancias mínimas entre estaciones de radiodifusión FM basada en cartas E(50,50)–E(50,10) de FCC e ITU–R.** Revista Ingeniería UC. Vol 22. No.1, Venezuela: Departamento de Electrónica y Comunicaciones, Universidad de Carabobo.

Robledo, F. (1996). **Proyecto de la emisora cultural en frecuencia modulada (banda 88-108 MHz) de la Universidad de Carabobo.** Trabajo especial de grado, Universidad de Carabobo.

Romo G. (1987). **Introducción al conocimiento y práctica de la radio.** México: Editorial Diana.

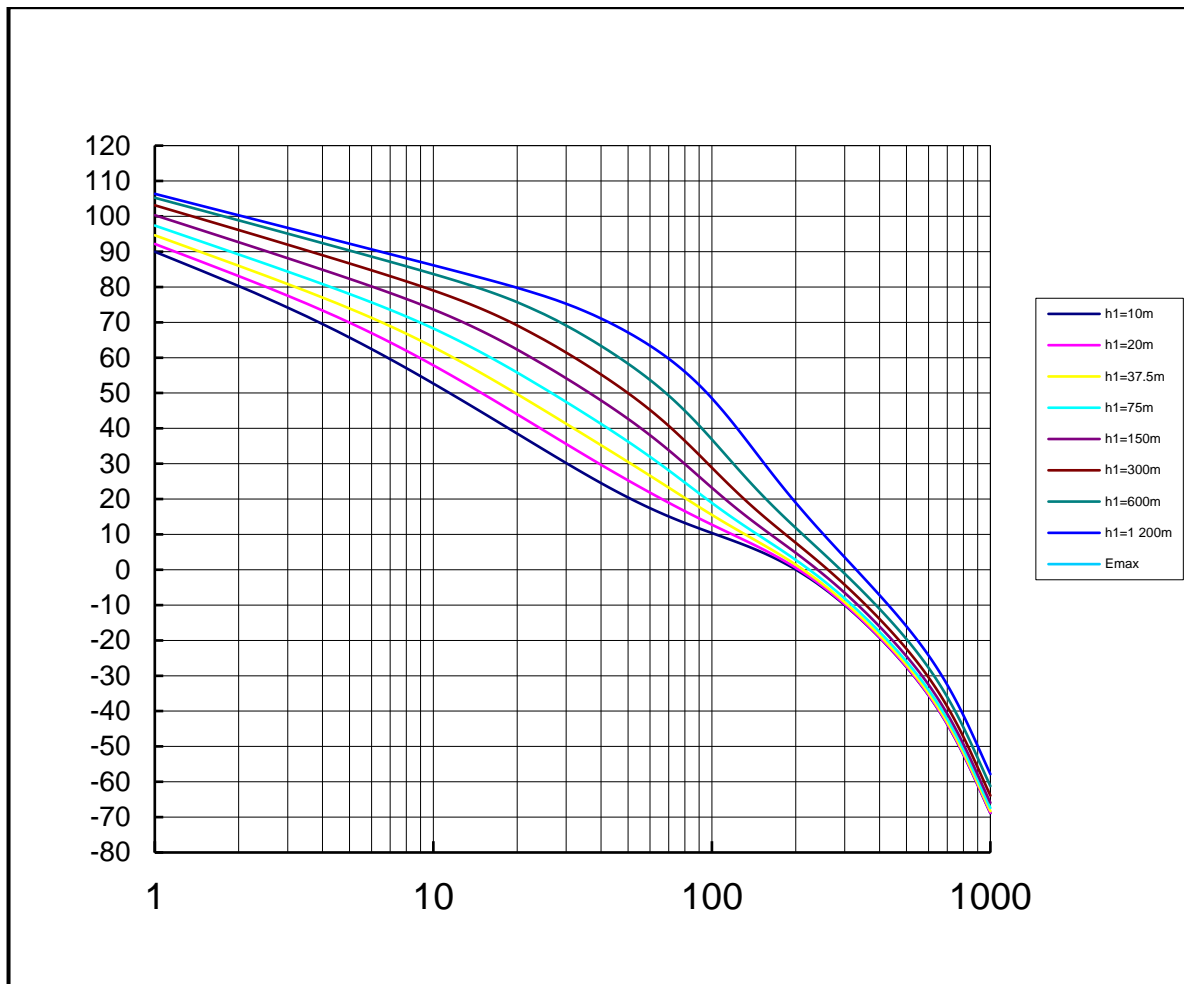
Sabino, C. (1986). **El proceso de investigación.** Caracas: Panapo.

UIT-R. (2017). Recomendación UIT-R P1546-5. **Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz.** Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra.

Werther, J. (2012). **Patrón de radiación típico de antena con lóbulos.** Wikimedia Commons, extraído el 15 de junio de 2017 desde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Typical_Antena_Pattern.jpg.

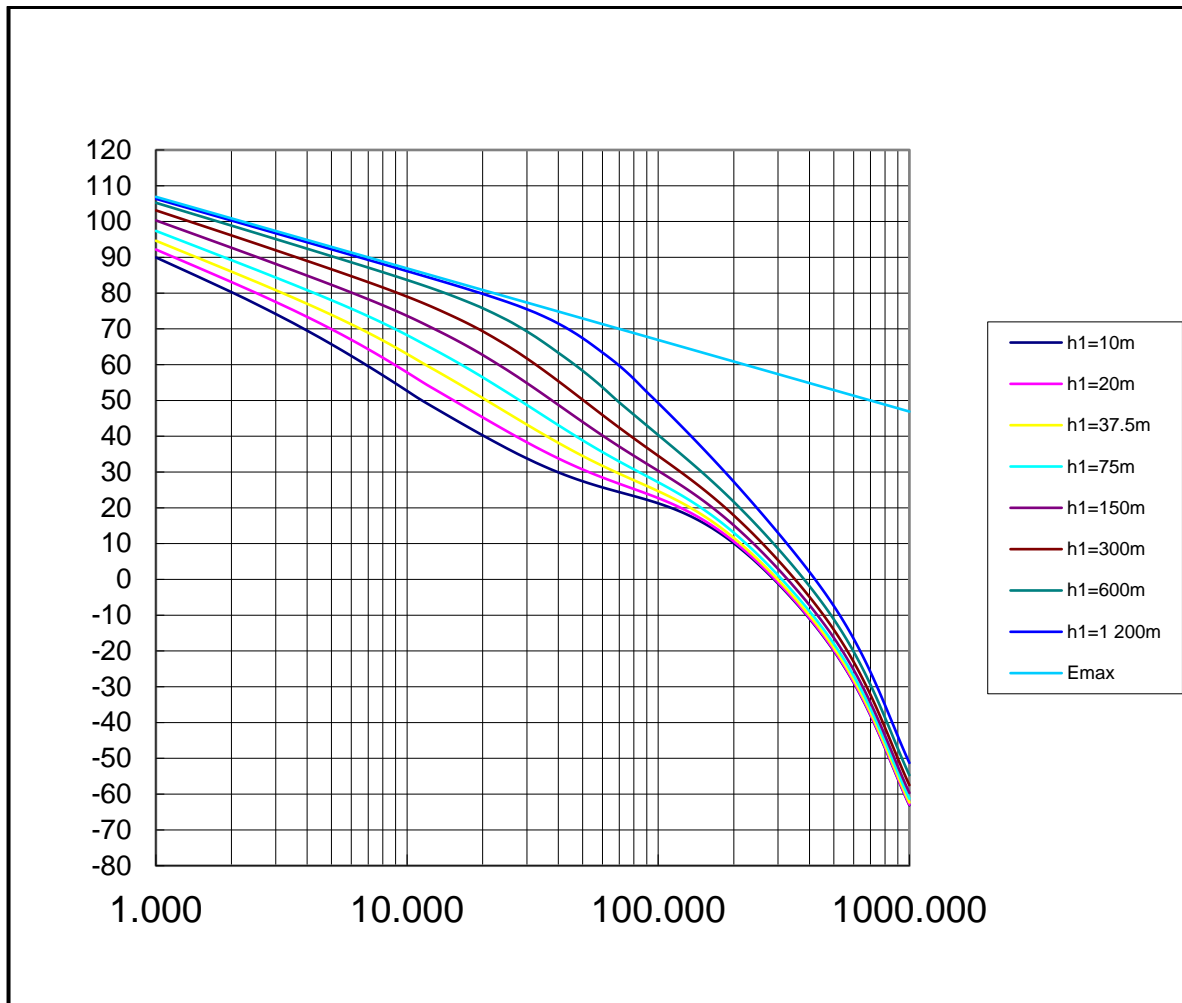
ANEXOS

Anexo A. Curva E(50,50) de 100MHz.



Fuente. “Figura 1, 100 MHz, trayecto terrestre, 50% del tiempo”, Recomendación UIT-R P.1546-5 (2017).

Anexo B. Curva E(50,10) de 100MHz.



Fuente. “Figura 2, 100 MHz, trayecto terrestre, 10% del tiempo”, Recomendación UIT-R P.1546-5 (2017).

Anexo C. Tabulación de la Curva E(50,50) de 100 MHz.

	10	20	37.5	75	150	300	600	1200
1	89.975852	92.181157	94.635547	97.384505	100.318067	103.120502	105.242609	106.356584
2	80.275128	83.090807	86.001380	89.207574	92.674184	96.119692	98.857707	100.284591
3	74.166239	77.529572	80.823450	84.350391	88.142741	91.968629	95.095801	96.730553
4	69.518418	73.354816	77.014863	80.831220	84.885018	88.993402	92.412470	94.207699
5	65.699420	69.920619	73.924833	78.021358	82.313726	86.660124	90.320287	92.249770
6	62.435852	66.957760	71.272338	75.640654	80.163501	84.727135	88.600472	90.648882
7	59.580317	64.332176	68.916118	73.542303	78.291523	83.063318	87.135157	89.293970
8	57.041171	61.967283	66.778309	71.642351	76.612716	81.589073	85.853051	88.118573
9	54.755982	59.813965	64.812656	69.890311	75.073307	80.252365	84.707392	87.079662
10	52.679639	57.837704	62.989553	68.254774	73.638200	79.017504	83.665614	86.147696
11	50.778224	56.012601	61.288551	66.715560	72.284151	77.859317	82.703995	85.301451
12	49.025504	54.318341	59.694488	65.259188	70.995694	76.759834	81.804680	84.525108
13	47.400748	52.738521	58.195448	63.876181	69.762520	75.706242	80.953922	83.806508
14	45.887292	51.259635	56.781648	62.559472	68.577707	74.689515	80.141009	83.136070
15	44.471549	49.870406	55.444826	61.303469	67.436528	73.703427	79.357567	82.506076
16	43.142302	48.561319	54.177862	60.103501	66.335633	72.743795	78.597090	81.910200
17	41.890198	47.324273	52.974551	58.955517	65.272514	71.807899	77.854603	81.343177
18	40.707358	46.152327	51.829432	57.855898	64.245156	70.894024	77.126392	80.800578
19	39.587089	45.039488	50.737681	56.801363	63.251832	70.001117	76.409783	80.278643
20	38.523662	43.980553	49.695009	55.788902	62.290968	69.128528	75.702949	79.774160
25	33.906877	39.353167	45.096999	51.267648	57.923133	65.057416	72.290194	77.430187
30	30.181101	35.575326	41.290077	47.459335	54.161053	61.436134	69.082123	75.247050
35	27.102165	32.409272	38.052688	44.171197	50.859376	58.194286	66.099112	73.137574
40	24.517820	29.703944	35.239021	41.267845	47.901729	55.251096	63.331892	71.082292
45	22.324232	27.356109	32.748142	38.652583	45.198990	52.532544	60.746502	69.082851
50	20.445670	25.291689	30.508235	36.256256	42.685292	49.978308	58.301307	67.139023
55	18.824162	23.455968	28.467890	34.030371	40.314208	47.543206	55.957510	65.243052
60	17.413824	21.807891	26.590669	31.942327	38.055323	45.196392	53.683883	63.381760
65	16.177532	20.316355	24.851189	29.971576	35.890970	42.919531	51.458278	61.540308
70	15.084811	18.957532	23.231999	28.106245	33.812984	40.704406	49.267439	59.705222
75	14.110428	17.712841	21.721003	26.340144	31.819589	38.550265	47.105869	57.866225
80	13.233379	16.567400	20.309404	24.670258	29.912603	36.461160	44.974219	56.017025
85	12.436137	15.508884	18.990163	23.094821	28.095169	34.443562	42.877491	54.155361
90	11.704060	14.526731	17.756983	21.612009	26.370112	32.504418	40.823265	52.282561
95	11.024921	13.611629	16.603707	20.219207	24.738938	30.649757	38.820156	50.402856
100	10.388525	12.755210	15.524069	18.912717	23.201374	28.883852	36.876559	48.522573
110	9.211460	11.188785	13.559993	16.538857	20.397099	25.624759	33.195430	44.791371
120	8.120958	9.775007	11.813599	14.444151	17.923485	22.720205	29.817323	41.153416
130	7.081758	8.471760	10.237193	12.577955	15.732972	20.138921	26.750860	37.666046
140	6.070394	7.246432	8.789752	10.892439	13.774902	17.837208	23.981533	34.370263
150	5.071714	6.074722	7.438162	9.346499	12.002404	15.768665	21.480733	31.288462
160	4.076377	4.939190	6.156958	7.906945	10.375587	13.890122	19.213831	28.426623
170	3.079057	3.827778	4.927268	6.548108	8.862259	12.164385	17.145787	25.778524
180	2.077166	2.732491	3.735540	5.250735	7.437347	10.560916	15.244355	23.330171
190	1.069944	1.648310	2.572312	4.000724	6.081793	9.055424	13.481508	21.063518
200	0.057808	0.572330	1.431171	2.787940	4.781360	7.628982	11.833768	18.959170
225	-2.485571	-2.088893	-1.348877	-0.122912	1.709288	4.321613	8.100969	14.287235
250	-5.026417	-4.707595	-4.044637	-2.903540	-1.176759	1.279258	4.767244	10.263072

	10	20	37.5	75	150	300	600	1200
275	-7.538997	-7.273236	-6.661949	-5.577762	-3.922033	-1.572460	1.713116	6.706292
300	-10.003377	-9.774718	-9.199125	-8.154263	-6.547809	-4.272572	-1.130267	3.495549
325	-12.406876	-12.204732	-11.654455	-10.637506	-9.066119	-6.844046	-3.805172	0.549411
350	-14.743468	-14.560645	-14.028746	-13.032086	-11.486241	-9.303027	-6.340266	-2.188532
375	-17.012525	-16.844031	-16.325754	-15.344155	-13.817302	-11.663058	-8.757319	-4.759376
400	-19.217485	-19.059792	-18.551801	-17.581593	-16.069123	-13.936864	-11.074556	-7.194799
425	-21.364677	-21.215247	-20.715154	-19.753705	-18.252309	-16.137000	-13.308275	-9.520527
450	-23.462348	-23.319328	-22.825390	-21.870779	-20.378035	-18.275985	-15.473584	-11.758346
475	-25.519898	-25.381915	-24.892837	-23.943635	-22.457741	-20.366198	-17.584693	-13.927251
500	-27.547270	-27.413291	-26.928099	-25.983228	-24.502821	-22.419702	-19.654974	-16.044088
525	-29.554470	-29.423708	-28.941657	-28.000291	-26.524328	-24.448036	-21.696918	-18.123902
550	-31.551176	-31.423023	-30.943536	-30.005036	-28.532708	-26.462001	-23.722031	-20.180098
575	-33.546410	-33.420393	-32.943019	-32.006883	-30.537555	-28.471460	-25.740699	-22.224492
600	-35.548264	-35.424010	-34.948391	-34.014221	-32.547389	-30.485133	-27.762042	-24.267293
625	-37.563650	-37.440862	-36.966712	-36.034190	-34.569451	-32.510413	-29.793758	-26.317035
650	-39.598079	-39.476519	-39.003609	-38.072478	-36.609505	-34.553186	-31.841967	-28.380489
675	-41.655471	-41.534947	-41.063088	-40.133139	-38.671667	-36.617659	-33.911062	-30.462556
700	-43.737982	-43.618337	-43.147376	-42.218437	-40.758248	-38.706215	-36.003571	-32.566167
725	-45.845868	-45.726974	-45.256785	-44.328714	-42.869628	-40.819293	-38.120048	-34.692198
750	-47.977393	-47.859144	-47.389621	-46.462300	-45.004167	-42.955299	-40.258993	-36.839404
775	-50.128777	-50.011086	-49.542140	-48.615470	-47.158165	-45.110571	-42.416816	-39.004406
800	-52.294211	-52.177004	-51.708563	-50.782459	-49.325876	-47.279393	-44.587865	-41.181720
825	-54.465939	-54.349154	-53.881154	-52.955548	-51.499597	-49.454087	-46.764510	-43.363856
850	-56.634413	-56.517998	-56.050386	-55.125217	-53.669822	-51.625169	-48.937307	-45.541484
875	-58.788536	-58.672447	-58.205177	-57.280394	-55.825489	-53.781592	-51.095244	-47.703689
900	-60.915978	-60.800177	-60.333211	-59.408770	-57.954300	-55.911072	-53.226066	-49.838292
925	-63.003580	-62.888035	-62.421338	-61.497200	-60.043117	-58.000484	-55.316672	-51.932259
950	-65.037809	-64.922493	-64.456036	-63.532169	-62.078430	-60.036329	-57.353580	-53.972166
975	-67.005279	-66.890166	-66.423924	-65.500300	-64.046869	-62.005242	-59.323444	-55.944713
1000	-68.893276	-68.778346	-68.312296	-67.388890	-65.935735	-63.894534	-61.213590	-57.837266

Fuente. “Tabulación de Curvas de la recomendación R P.1546-5”, UIT-R (2017).

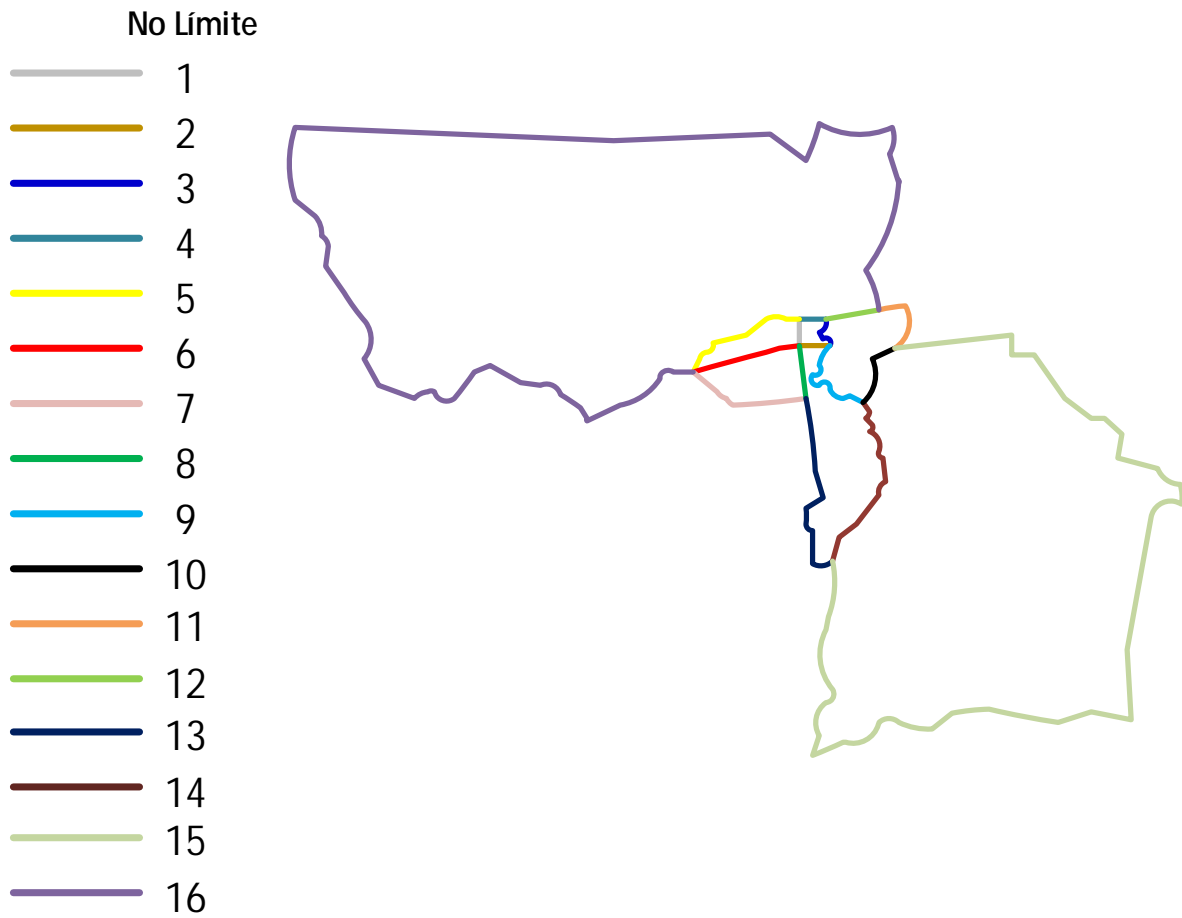
Anexo D. Tabulación de la Curva E(50,10) de 100 MHz.

	10	20	37.5	75	150	300	600	1200
1	89.976	92.181	94.636	97.385	100.318	103.121	105.243	106.357
2	80.275	83.091	86.001	89.208	92.674	96.120	98.858	100.285
3	74.166	77.530	80.823	84.350	88.143	91.969	95.096	96.731
4	69.518	73.355	77.015	80.831	84.885	88.993	92.412	94.208
5	65.699	69.921	73.925	78.021	82.314	86.660	90.320	92.250
6	62.436	66.958	71.272	75.641	80.164	84.727	88.600	90.649
7	59.580	64.332	68.916	73.542	78.292	83.063	87.135	89.294
8	57.041	61.967	66.778	71.642	76.613	81.589	85.853	88.119
9	54.756	59.814	64.813	69.890	75.073	80.252	84.707	87.080
10	52.680	57.838	62.990	68.255	73.638	79.018	83.666	86.148
11	50.778	56.013	61.289	66.716	72.284	77.859	82.704	85.301
12	49.180	54.364	59.746	65.286	70.996	76.760	81.805	84.525
13	47.759	52.947	58.367	63.988	69.789	75.706	80.954	83.807
14	46.447	51.630	57.074	62.759	68.664	74.690	80.141	83.136
15	45.231	50.401	55.857	61.591	67.584	73.727	79.358	82.506
16	44.100	49.251	54.708	60.477	66.544	72.807	78.597	81.910
17	43.044	48.170	53.621	59.412	65.541	71.912	77.861	81.343
18	42.057	47.152	52.589	58.393	64.569	71.038	77.159	80.801
19	41.130	46.191	51.608	57.415	63.628	70.183	76.469	80.289
20	40.259	45.283	50.673	56.475	62.715	69.345	75.791	79.796
25	36.594	41.383	46.584	52.272	58.520	65.373	72.496	77.546
30	33.803	38.310	43.255	48.733	54.852	61.735	69.304	75.494
35	31.635	35.836	40.493	45.712	51.624	58.418	66.224	73.502
40	29.923	33.812	38.169	43.107	48.774	55.405	63.332	71.501
45	28.551	32.133	36.192	40.844	46.248	52.676	60.747	69.469
50	27.432	30.721	34.494	38.865	44.002	50.206	58.301	67.414
55	26.500	29.516	33.018	37.122	41.999	47.967	55.958	65.360
60	25.707	28.470	31.722	35.575	40.203	45.934	53.684	63.382
65	25.015	27.547	30.570	34.191	38.584	44.083	51.458	61.540
70	24.394	26.718	29.533	32.941	37.115	42.390	49.441	59.705
75	23.823	25.960	28.587	31.800	35.773	40.835	47.670	57.866
80	23.285	25.255	27.712	30.749	34.537	39.398	46.017	56.017
85	22.768	24.588	26.892	29.771	33.389	38.062	44.469	54.155
90	22.263	23.949	26.116	28.851	32.314	36.812	43.014	52.391
95	21.762	23.329	25.373	27.978	31.300	35.637	41.641	50.805
100	21.262	22.721	24.655	27.142	30.337	34.524	40.340	49.282
110	20.249	21.527	23.270	25.555	28.527	32.450	37.919	46.410
120	19.211	20.340	21.927	24.046	26.834	30.533	35.696	43.745
130	18.142	19.149	20.605	22.587	25.222	28.732	33.627	41.260
140	17.044	17.947	19.295	21.162	23.668	27.019	31.680	38.929
150	15.919	16.734	17.991	19.762	22.160	25.375	29.834	36.732
160	14.773	15.513	16.691	18.381	20.689	23.788	28.070	34.653
170	13.611	14.286	15.398	17.019	19.249	22.249	26.378	32.677
180	12.437	13.057	14.112	15.674	17.838	20.752	24.748	30.792
190	11.259	11.831	12.836	14.347	16.455	19.295	23.174	28.991
200	10.079	10.609	11.572	13.040	15.098	17.874	21.651	27.264
225	7.150	7.599	8.478	9.861	11.822	14.470	18.041	23.232
250	4.285	4.676	5.496	6.817	8.708	11.263	14.680	19.550

	10	20	37.5	75	150	300	600	1200
275	1.511	1.861	2.637	3.912	5.751	8.236	11.537	16.156
300	-1.162	-0.844	-0.101	1.140	2.939	5.370	8.581	13.004
325	-3.736	-3.442	-2.724	-1.510	0.258	2.647	5.787	10.054
350	-6.218	-5.944	-5.246	-4.053	-2.310	0.046	3.130	7.271
375	-8.622	-8.363	-7.681	-6.505	-4.782	-2.452	0.586	4.624
400	-10.961	-10.714	-10.045	-8.882	-7.175	-4.868	-1.867	2.086
425	-13.249	-13.012	-12.353	-11.202	-9.509	-7.220	-4.250	-0.367
450	-15.500	-15.271	-14.622	-13.480	-11.798	-9.524	-6.580	-2.757
475	-17.726	-17.505	-16.863	-15.729	-14.056	-11.795	-8.873	-5.101
500	-19.941	-19.726	-19.090	-17.963	-16.298	-14.048	-11.144	-7.415
525	-22.152	-21.942	-21.312	-20.191	-18.533	-16.292	-13.404	-9.712
550	-24.369	-24.164	-23.538	-22.422	-20.769	-18.537	-15.663	-12.003
575	-26.597	-26.396	-25.774	-24.662	-23.015	-20.789	-17.927	-14.295
600	-28.840	-28.642	-28.024	-26.916	-25.273	-23.053	-20.202	-16.595
625	-31.100	-30.905	-30.290	-29.185	-27.546	-25.332	-22.490	-18.904
650	-33.377	-33.185	-32.572	-31.471	-29.835	-27.626	-24.792	-21.225
675	-35.669	-35.479	-34.869	-33.770	-32.137	-29.932	-27.106	-23.555
700	-37.971	-37.783	-37.175	-36.078	-34.448	-32.247	-29.427	-25.892
725	-40.277	-40.091	-39.485	-38.390	-36.763	-34.565	-31.751	-28.229
750	-42.580	-42.395	-41.791	-40.698	-39.073	-36.878	-34.069	-30.560
775	-44.870	-44.687	-44.084	-42.993	-41.370	-39.178	-36.374	-32.875
800	-47.137	-46.956	-46.355	-45.265	-43.644	-41.454	-38.654	-35.166
825	-49.371	-49.191	-48.591	-47.503	-45.883	-43.695	-40.899	-37.420
850	-51.560	-51.380	-50.782	-49.695	-48.077	-45.891	-43.098	-39.628
875	-53.691	-53.513	-52.915	-51.829	-50.212	-48.029	-45.239	-41.776
900	-55.754	-55.577	-54.980	-53.895	-52.280	-50.097	-47.311	-43.855
925	-57.738	-57.561	-56.965	-55.882	-54.267	-52.087	-49.303	-45.853
950	-59.632	-59.457	-58.862	-57.779	-56.165	-53.986	-51.205	-47.761
975	-61.430	-61.255	-60.660	-59.578	-57.966	-55.788	-53.009	-49.570
1000	-63.123	-62.948	-62.355	-61.274	-59.662	-57.485	-54.709	-51.275

Fuente. “Tabulación de Curvas de la recomendación R P.1546-5”, UIT-R (2017).

Anexo E. Enumeración de límites Parroquiales y Municipales de Valencia para su parametrización.



Fuente. Salcedo, M. (2017).

Anexo F. Ejemplo de función de cálculo, determinación de la distancia entre dos coordenadas.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Anexo G. Ejemplo de función de interpolación, determinación del campo eléctrico con valores variables.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Anexo H. Ejemplo de función de comunicación y revisión, lectura de datos de ubicación proporcionados por el usuario.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Anexo I. Ejemplo de función de revisión, validación de la PER suministrada por el usuario.

Fuente. Salcedo, M. (2017).

Anexo J. Ejemplo de función de continuidad, segmento de preparación de la pestaña 1 a la pestaña 2.

Fuente. Salcedo, M. (2017).