ESTUDIO TÉCNICO DE UN CANAL DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA LA USTA TUNJA

SANTIAGO URUEÑA LATORRE

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C

2019

ESTUDIO TÉCNICO DE UN CANAL DE TELEVISIÓN DIGITAL PARA LA USTA TUNJA

SANTIAGO URUEÑA LATORRE

Proyecto de grado para aspirar al título de Ingeniero Electrónico.

Tutor del proyecto

Ing. Marco Antonio Vega Torres

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C.

2019

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

RECTOR GENERAL

R.P. FRAY JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O.P.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO GENERAL

R.P. FRAY LUIS FRANCISCO SASTOQUE POVEDA, O.P.

VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL

R.P. FRAY MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO, O.P.

SECRETARIA GENERAL

Msc. INGRID LORENA CAMPOS VARGAS

DECANO DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

FRAY JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

SECRETARIA DE DIVISIÓN

LUZ PATRICIA ROCHA CAICEDO

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ING. CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____

Tutor: Ing. Marco Antonio Vega Torres

_____

Jurado: Ing. Jaime Vitola Oyaga

_____

Jurado: Ing. Fabián Eduardo Pérez Gordillo

Bogotá D.C, 6 de mayo de 2019.

ADVERTENCIA

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados en el trabajo de grado, solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

Capítulo III –Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.

DEDICATORIA

A mi familia, por ser mi impulso, mi apoyo incondicional a lo largo de mi camino y mi principal motivación.

Esto es por y gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, por ser mi pilar en mi vida, mi ejemplo y mi principal apoyo, por haberme acompañado en cada madrugada, por entregar tu vida a mí, a tus hijos, por haber entregado tu vida al amor. Te admiro por todo lo que has hecho y hasta dónde has llegado. Esto y todo lo que vendrá ha sido gracias a ti.

A mi papá, por confiar en mí, por ser incondicional a lo largo de este trayecto. Por darme la oportunidad de salir adelante, y de poder llegar a lo que soy.

A mis hermanos, por ser parte de este camino, por estar ahí cuando los necesité.

A mi tutor, por la paciencia y por su colaboración que tuvo a lo largo de la realización de este trabajo.

A la Universidad Santo Tomás por darme la oportunidad de vivir una experiencia tan enriquecedora y tan bonita cómo fue ser estudiante de ella, así como a los diferentes docentes que aportaron sus conocimientos y su vocación por haberme hecho llegar hasta aquí.

A mis amigos, por acompañarme en los buenos y en los malos momentos y recordarme cada día de lo afortunado que soy de tenerlos y de poder compartir mi vida con ellos.

Y ante todo le agradezco a la vida, por seguir dándome la oportunidad de estar aquí.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 15
2 ANTECEDENTES 16
3 JUSTIFICACIÓN 17
4 OBJETIVOS 18
4.1 OBJETIVO GENERAL 18
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
5 MARCO TEÓRICO 19
5.1 Espectro Electromagnético 19
5.2 Espectro Radioeléctrico. 20
5.3 Fenómenos físicos de las ondas electromagnéticas. 21
5.4 Modelos de propagación de las ondas electromagnéticas. 22
5.4.1 Ley del cuadrado inverso. 22
5.4.2 Okomura-Hata 23
5.5 Sistemas de Telecomunicaciones. 24
5.6 Antenas. 25
5.7 Enlaces de microondas. 27
5.8 Enlaces satelitales. 27
5.9 Entidades reguladoras de las comunicaciones en Colombia. 27
5.10 Televisión Digital y el Estándar DVB – T2 30
6 DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO 33
Preámbulo 33
Metodología 33
7 ESTUDIO DE RADIACIÓN 34
7.1 Selección de frecuencia. 34
7.2 Cálculo del punto más lejano de recepción (PRC) y asignación del sitio de transmisión. 34
7.3 Simulación inicial. 37
7.4 Cálculo de la ganancia del sistema de transmisión y número de antenas. 39

7.4.1 Atenuación del espacio libre. 43
7.4.2 Selección y atenuación de la línea de transmisión. 45
7.4.3 Atenuación de distribución. 48
7.4.4 Atenuación del distribuidor de antenas. 50
7.4.5 Conversión de la potencia de transmisión a decibeles. 52
7.5 Cálculo de la ganancia de antenas. 52
7.6 Estudio de interferencias. 53
7.7 Torre de transmisión. 54
8 ESTUDIO DEL ENLACE SATELITAL. 60
8.1 Selección de frecuencia del enlace. 60
8.2 Cálculos teóricos del enlace satelital. 62
8.2.1 Ubicación de la estación terrena. 62
8.2.2 Diferencia de longitudes. 62
8.2.3 Ángulo de variación. 62
8.2.4 Ángulo de elevación. 63
8.2.5 Azimut. 63
8.2.6 Distancia real. 64
8.2.7 Verificación del enlace satelital. 65
9 ESTUDIO DEL ENLACE DE MICROONDAS. 66
9.1 Selección de frecuencia del enlace. 67
9.2 Cálculos teóricos del enlace de microondas. 67
9.2.1 Ganancia del sistema. 67
9.2.2 Margen de desvanecimiento. 70
9.2.3 Atenuación del espacio libre. 71
9.2.4 Perdidas por ramificación. 71
9.2.5 Perdidas en la red de distribución. 71
10 COTIZACIONES. 75
10.1 Equipos para la transmisión 75
10.2 Equipos para la producción. 77
11 COTIZACIÓN DE LA MANO DE OBRA. 85
12 REQUISITOS PARA EL OTORGAMIENTO DE LA LICENCIA 89

13 RESULTADOS.....91
13.1 FACTIBILIDAD DEL PROYECTO. 91
14 IMPACTO SOCIAL 94
15 CONCLUSIONES 95
16 TRABAJO FUTURO.....97
17 Referencias.....98
18 ANEXOS.....103

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en las telecomunicaciones.....20
Tabla 2. Frecuencias disponibles para la ciudad de Tunja del registro de televisión de la ANE. 34
Tabla 3. Banda de frecuencias del canal número 50 del registro de canalización de la ANE. 34
Tabla 4. Recomendación de la UIT descrita en el CCIR 417-3 que describe las potencias mínimas y máximas recomendadas para la señal de los canales locales. 40
Tabla 5. Tabla de relación de las potencias expresadas en dBm's y Watts. 41
Tabla 6. Estimación de la altura de la torre de transmisión. 58
Tabla 7. Valores del factor de rugosidad.....70
Tabla 8. Valores del factor de conversión de probabilidad. 70
Tabla 9. Matriz de calificación de proveedores potenciales. 75
Tabla 10. Valor total del cable a utilizar en el canal. 77
Tabla 11. Cotización de los equipos para la producción del Canal de TV Digital. .84
Tabla 12. Personal de una "tropa" para un canal de televisión y los costos estimados. 85
Tabla 13. Personal de planta para un canal de televisión y costos estimados. 86
Tabla 14. Descripción de la inversión inicial para el canal de televisión Digital Seccional Tunja. 91
Tabla 15. Costos mensuales para el canal de televisión digital seccional Tunja. ..91
Tabla 16. Estimación del tiempo para la recuperación de la inversión. 92
Tabla 17. Estimación del tiempo de recuperación de la inversión con pequeñas cantidades de anuncios transmitidos. 93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema descriptivo del espectro electromagnético. 19
Figura 2. Descripción gráfica de la interferencia constructiva y destructiva.....22
Figura 3. Plano de la radiación de una fuente isotrópica.....23
Figura 4. Diagrama de bloques simplificado de un sistema de telecomunicaciones. 24
Figura 5. Imagen de la antena VHF LB 10 de la compañía ABE Elettronica. 26
Figura 6. Diagrama de radiación de la antena VHF LB 10 de la compañía ABE Elettronica.....26
Figura 7. Logo del Ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones. 28
Figura 8. Logo de la Agencia Nacional del Espectro 28
Figura 9. Logo de la comisión de regulación de comunicaciones 29
Figura 10. Logo de la Autoridad Nacional de Televisión. 30
Figura 11. Adopción y despliegue de los estándares de la TDT en el mundo. 31
Figura 12. Arquitectura general de un sistema DVB-T2. 32
Figura 13. Ubicación de las dos sedes de la universidad Santo Tomás en Tunja .35
Figura 14. Perfil de elevación de las dos sedes de la USTA en Tunja. 35
Figura 15. Área metropolitana de Tunja en gris ubicando el sitio de transmisión (rojo) y el PRC (negro).....36
Figura 16. Perfil de elevación y distancia entre el sitio de transmisión y el PRC. ..37
Figura 17. Simulación de cobertura de la señal realizado por la compañía ABE Elettronica.....38
Figura 18. Cálculo de la pérdida por la trayectoria del espacio libre usando el software ABE RF Calculator. 45
Figura 19. Transmisor MTX D 400/U. 46
Figura 20. Especificaciones técnicas del transmisor MTX D 400/U.....46
Figura 21. Descripción del cable coaxial FSJ4-50B. 47
Figura 22. Tabla de pérdidas del cable FSJ4-50B a partir de la frecuencia asignada para el canal.....47
Figura 23. Descripción del conector de tipo 7 – 16 F4PDF-C. 48
Figura 24. Arreglo de antenas UHF LB 13/SA. 49
Figura 25. Patrón de radiación horizontal y vertical de una cara del arreglo de antenas UHF LS 13/SA.....49
Figura 26. Datos técnicos del arreglo de antenas UHF LS 13/SA. 50
Figura 27. Repartidor de potencia Kathrein 768333. 51
Figura 28. Datos técnicos del repartidor de potencia Kathrein 768333. 51
Figura 29. Reorganización de los canales de televisión según el plan técnico de televisión. 54
Figura 30. Vista noroccidental de la sede central de la USTA Tunja. 55
Figura 31. Vista suroriental de la sede central de la USTA Tunja. 55

Figura 32 Vista norte de la sede central de la USTA Tunja. 56
Figura 33. Perfil de elevación entre la sede central de la USTA Tunja y la pista principal del Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla. 57
Figura 34. Parámetros del transmisor de la simulación de línea de vista del enlace de microondas. 58
Figura 35. Algunos canales colombianos con su correspondiente satélite. Información brindada por la página LyngSat.com 60
Figura 36. Tabla de frecuencias asignadas para los canales de televisión que usan el satélite SES-6. 61
Figura 37. Datos arrojados por el Dishpointer. 65
Figura 38. Perfil de la línea de vista (LOS) entre los dos puntos del enlace de microondas. 66
Figura 39. Plan de distribución de canales banda de 15 GHz (Tabla 83 de las tablas anexas del CNABF). 68
Figura 40. Plan de distribución de canales de banda de 18 GHz (Tabla 84 de las tablas anexas del CNABF). 69
Figura 41. Descripción del cable EWP180-180, HELIAX® Premium. 71
Figura 42. Esquema general del enlace microondas propuesto por ABE Elettronica. 72
Figura 43. Especificaciones técnicas de la antena parabólica para el enlace microondas. 73
Figura 44. Cotización de los equipos para el enlace de microondas de ABE Elettronica. 76
Figura 45. Cotización de los equipos para la radiación de ABE Elettronica. 76
Figura 46. Cotización de las antenas. 77
Figura 47. Mezclador de producción MCX-500. 78
Figura 48. Imagen de la cámara de video profesional HXR-NX5. 78
Figura 49. Imagen del monitor Sony LMD-B Series17" Full HD LCD. 79
Figura 50. Imagen del Mando a distancia RM-30B. 80
Figura 51. Imagen de los audífonos profesionales MDR- 7506 81
Figura 52, Imagen del trípode RS-250DM. 81
Figura 53. Imagen de la estación base UHF BTR-800. 82
Figura 54. Imagen de los transceptores TR-825. 82
Figura 55. Imagen de la unidad de disco ODS-D280U. 83
Figura 56. Discos regrabables de 1.2 TB ODC1200RE. 83

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Cotización de la torre de transmisión por la compañía CMA ingeniería y construcción. S.A.S. 103

ANEXO 2. Perfil de línea de vista del enlace de microondas propuesto. 108

ANEXO 3. DIGITAL TV MICROWAVE LINKS. Parte de la documentación de ABE sobre enlaces de microondas. 108

ANEXO 4. Cotización dada por ABE Elettronica. 108

ANEXO 5. Cotización de la compañía Egatel. 112

ANEXO 6. Cotización de la compañía SYES América. 113

ANEXO 7. Cotización de la compañía ATG S.A.S. 117

ANEXO 8. Cotización de la compañía comercial de Curaçao de Colombia. 119

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Universidad Santo Tomás seccional Tunja cuenta con varios medios de información y comunicación como son la página web [1] y el canal en la plataforma YouTube [2]; sin embargo, no cuenta con un medio de acceso gratuito masivo capacitado para poder informar a la comunidad universitaria sobre eventos y actividades que les conciernen, ni tampoco de poder generar un impacto a todas las personas del municipio.

El presente estudio de ingeniería desarrolla una propuesta realizada desde el punto de vista de la electrónica, para ser tenido en cuenta en una futura implementación de un canal universitario de televisión digital local sin ánimo de lucro, tomando como referencia la sede central de la Universidad Santo Tomás como sitio de transmisión y la sede campus como sitio de retransmisión.

Por lo cual, se expone un estudio técnico para el desarrollo de todo el sistema de televisión y para una futura adjudicación de una frecuencia de transmisión.

2 ANTECEDENTES

Diferentes instituciones de distinta índole cuentan con estudios técnicos para implementar ya sea una emisora radial o un canal de televisión, donde detallan el estudio de cobertura, la asignación de frecuencias, la selección de equipos, la ubicación de los transmisores, las antenas y los requerimientos legales pertinentes para lograrlo, cómo por ejemplo, el batallón de ingenieros No 18 “General Rafael Navas Pardo” cuenta con un estudio técnico para la instalación y ubicación del sistema de transmisión y puesta en funcionamiento de la emisora “Colombia Estéreo” que opera en la frecuencia de 101.3 MegaHertz en el municipio de Tame - Arauca [3].

Un ejemplo de estudio técnico realizado en una universidad del país es el de la Universidad del Cauca, cuyo fin era cambiar la ubicación del sitio de transmisión y el nivel de potencia de su emisora Radio Universidad del Cauca. El estudio describe los equipos necesarios para lograr cambiar una potencia inicial de transmisión de 1KW a 5KW y un nuevo estudio de cobertura debido al cambio de coordenadas de la ubicación del transmisor [4].

No sólo las instituciones de educación superior se plantean realizar estos estudios. Un ejemplo es la institución educativa departamental Aquileo Parra, ubicado en el municipio de Pacho – Cundinamarca, que en el año 2013 realizó un proyecto de una emisora radial comunitaria llamado Aulas sin Fronteras [5].

La implementación de la televisión digital terrestre (TDT) en nuestro país aún está en proceso y se espera que concluya en el año 2018 [6], en el departamento de Boyacá, actualmente sólo 12 municipios cuentan con este servicio, entre estos Tunja. La capital del departamento cuenta con la señal TDT gracias a los canales privados Caracol y RCN Televisión [7]. El único canal existente en el 2017 de televisión sin ánimo de lucro pertenece a la Arquidiócesis de Tunja – Tele Santiago [8]. TeleSantiago es un referente local sin ánimo de lucro que muestra que es posible transmitir una señal de televisión y poder tener cobertura en el área metropolitana de Tunja y el resto de Boyacá [9].

Así mismo, existe actualmente un canal de televisión de las instituciones de educación superior de todo el país llamado ZOOM TV [10]. Es un canal de tipo satelital, cuya señal es emitida por televisión cerrada en todo el territorio colombiano. Varias instituciones se encargan del contenido y la gestión del canal, cómo la Universidad Santo Tomás de Bogotá, la Universidad Nacional de Colombia, y la Universidad de Boyacá de Tunja. Este canal universitario producido por 41 instituciones de educación superior está comprometido con la difusión de televisión universitaria de interés público con contenido académico, cultural, artístico, tecnológico y de innovación.

3 JUSTIFICACIÓN

Es de importancia para la Universidad Santo Tomás ser promotora de una adecuada formación integral para sus estudiantes [11]. Por lo tanto, este estudio ofrece una herramienta que puede ser de beneficio para las distintas disciplinas que la universidad posee: ofrece conocimiento que puede ser usado para diversos estudios en ingeniería electrónica y de telecomunicaciones, ofrece una herramienta de práctica y de producción de contenido para la facultad de comunicación social, ofrece difusión de actividades y contenido para cualquier otra carrera y además de la posibilidad de creación de nuevas facultades cómo Cine y Televisión. Y además, ofrece un medio en donde la universidad puede interactuar con la sociedad, promoviendo y logrando la misión que esta se propone [12].

Por lo tanto, la finalidad de este estudio es presentar los requerimientos técnicos necesarios para implementar un medio audiovisual capaz de informar, mostrar y generar contenido afín a las necesidades actuales de la sociedad. Este va de la mano conforme a los lineamientos del Plan Integral Multicampus, y así mismo apoyar a la Universidad Santo Tomás en su visión proyectada a 2027 de ser reconocida aún más en el ámbito nacional y de ser posible ser un referente internacional de excelente calidad educativa [12].

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio técnico y de factibilidad del canal local sin ánimo de lucro de televisión digital para la Universidad Santo Tomás sede Tunja.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Simular la propagación del canal de televisión para cubrir la ciudad de Tunja.
- Comparar los costos de los equipos necesarios para el canal de televisión digital.
- Realizar la documentación del procedimiento para la asignación de frecuencias para la prestación del servicio de Televisión Radiodifundido.

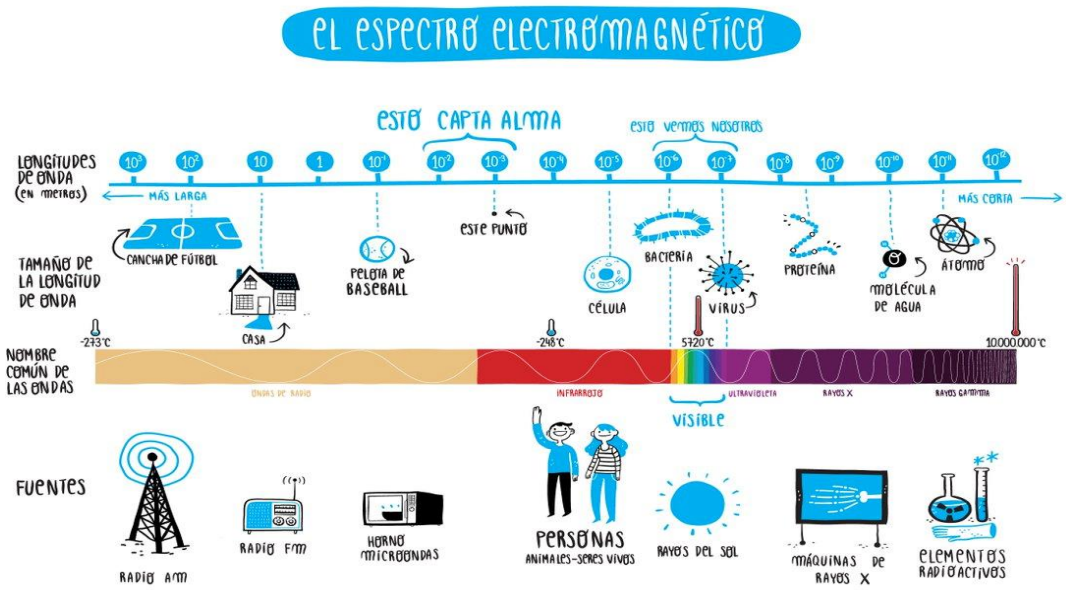
5 MARCO TEÓRICO

Actualmente la comunicación y su desarrollo han sido fundamental en una era donde existen muchas cantidades de información, donde cada día y en cada parte del planeta suceden infinidad de acontecimientos, por esta razón, los sistemas de telecomunicaciones han tomado un papel intrínseco en la vida de todos los seres humanos. Todos estos sistemas trabajan con un concepto fundamental que permite la existencia del internet inalámbrico, de la televisión, de la telefonía celular, entre muchos otros ejemplos; ese concepto es el espectro electromagnético.

5.1 Espectro Electromagnético

Es un concepto que clasifica y ordena las ondas electromagnéticas a partir de la energía contenida en ellas. Las ondas electromagnéticas son el fenómeno producido por las cargas eléctricas que están presentes en todo el universo, por ejemplo, toda la luz que nuestros ojos perciben es un conjunto de ondas electromagnéticas. El espectro generalmente clasifica las ondas a partir de su frecuencia cómo también puede clasificar las ondas según su longitud de onda. Un esquema que cataloga las ondas según su frecuencia puede ser vista en la figura 1.

Figura 1. Esquema descriptivo del espectro electromagnético.



Fuente: [13]

La unidad de medida de la frecuencia son los Hercios (Hertz en inglés) [Hz] que indican la cantidad de repeticiones de un mismo fenómeno ocurridas en un segundo; en ese orden de ideas, los Hertz cuantifican cuantas veces una onda se repite en un segundo. Según el esquema, en las ondas de mayor frecuencia se encuentran la luz visible, los rayos X y las ondas electromagnéticas que generan radiación. En contraste, en las ondas electromagnéticas de menor frecuencia está la red eléctrica y todas las bandas (o intervalos) de frecuencias que son usadas para las telecomunicaciones. Esta banda comprendida desde los 3KHz hasta los 300 GHz se le da el nombre de Espectro Radioeléctrico. *[14]*

5.2 Espectro Radioeléctrico.

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la mayor entidad técnica del sector en el mundo, el espectro radioeléctrico se descompone en nueve bandas de frecuencias. Cada banda es identificada universalmente por un número, un nombre que expresa el nivel de sus frecuencias y su sigla en inglés. La tabla 1 muestra cómo es la división del espectro radioeléctrico.

Tabla 1. Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en las telecomunicaciones.

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
3	ULF	300-3 000 Hz	Ondas hectokilométricas	B.hkm
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30-300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300-3 000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300-3 000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300-3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm
13		3-30 THz	Ondas centimilimétricas	B.cmm
14		30-300 THz	Ondas microméticas	B.µm
15		300-3 000 THz	Ondas decimicrométricas	B.dµm

Fuente: *[15]*

Cada banda tiene cualidades propias que la hacen más o menos apta para un servicio en particular. Por ejemplo, las ondas de las bandas ULF y VLF tienen una gran longitud de onda similar al tamaño de la Tierra, por esta razón, estas ondas son ideales para comunicaciones intercontinentales. Las ondas de las bandas LF y MF tienen tamaños parecidos a las montañas y edificios, y son usadas para

sistemas que requieren gran cobertura en una sola dirección, cómo la televisión y la radio. Las ondas de más pequeña longitud, cómo las microondas, son usadas para comunicaciones punto a punto a una corta distancia, ideales para comunicaciones donde no hay obstáculos.

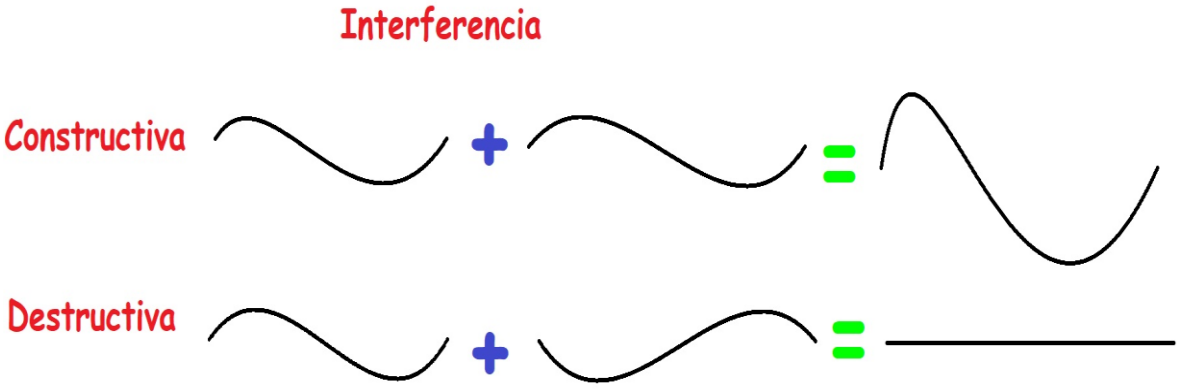
5.3 Fenómenos físicos de las ondas electromagnéticas.

En un entorno ideal, las ondas se propagan sin ningún tipo de obstáculo de un punto a otro uniformemente. Pero en la realidad, las ondas en su recorrido encuentran obstáculos tanto naturales y artificiales que pueden alterar la propagación de la onda generando varios fenómenos físicos. Estos fenómenos son:

- La **difracción** es la desviación de las ondas al encontrar un obstáculo, un ejemplo es la sombra producida cuando se ilumina un objeto.
- La **refracción** es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro, un ejemplo es el cambio de dirección de la luz que refleja un lápiz al colocarse en un vaso de agua, no es el lápiz el que se distorsiona o cambia su forma, es la luz reflejada en este la que cambia de dirección.
- La **reflexión** ocurre cuando una onda al encontrar un obstáculo, en lugar de atravesarlo, choca contra él y se “devuelve” cómo si se enfrentara a un espejo. Se diferencia de la refracción ya que el cambio de dirección es tal que la onda regresa al medio inicial.
- La **atenuación** se refiere a la pérdida de potencia de la onda al alejarse de la fuente de propagación, un ejemplo se puede ver al momento de dejar caer una roca a un charco, en el punto donde cayó la roca, las ondas son más notables y “fuertes” que las ondas que están alejadas de este punto.
- La **interferencia** es la suma de dos o más ondas electromagnéticas. Existen dos tipos de interferencia que dependen de las longitudes de onda, amplitudes y distancia relativa entre las mismas:
    - La interferencia constructiva ocurre cuando la suma de dos ondas da como resultado una onda de mayor amplitud.
    - La interferencia destructiva ocurre cuando la suma de dos ondas da como resultado una onda de menor amplitud.

Una figura descriptiva de la interferencia puede ser visualizada en la figura 2.

Figura 2. Descripción gráfica de la interferencia constructiva y destructiva.



Fuente: *[16]*

Es de vital importancia tener en cuenta estos fenómenos de las ondas en la realización de cualquier estudio técnico para un sistema de telecomunicaciones, ya que son estos fenómenos los que inciden en el funcionamiento y en la calidad de estos sistemas.

5.4 Modelos de propagación de las ondas electromagnéticas.

La propagación de ondas electromagnéticas por el espacio libre recibe el nombre de radiación por radiofrecuencia (RF), o resumidamente, *radio propagación.* El espacio libre quiere decir, en teoría, todo espacio en donde no exista nada en absoluto, en otras palabras, el vacío.

En la práctica, se llama *propagación del espacio libre* a la propagación de estas ondas por la atmósfera terrestre. Irónicamente, el espacio no es libre debido a la existencia del aire que causa ciertas pérdidas en la propagación de ondas, pero se puede considerar de cierta manera vacío ya que las pérdidas causadas por el aire son mínimas.

A partir de estas condiciones, se han planteado modelos para determinar matemáticamente el comportamiento de una onda al radio propagarse.

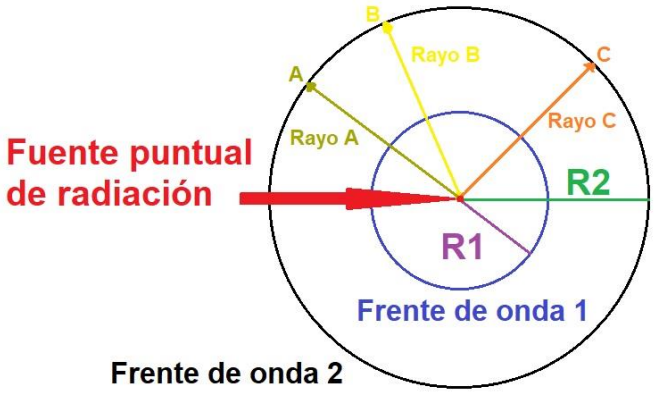
Uno de estos modelos propone la radiación de ondas electromagnéticas a partir de una fuente puntual que irradia potencia en todas las direcciones de forma constante.

5.4.1 Ley del cuadrado inverso.

A una fuente que irradie energía en todas las direcciones se le llama *fuente isotrópica*, y su equivalente en la realidad sería una antena omnidireccional. Si la fuente irradia energía desde ella misma hasta un punto a una distancia R, el espacio

de influencia de esa energía se puede modelar cómo una esfera. Una figura del plano de esta esfera puede ser visto en la figura 3.

Figura 3. Plano de la radiación de una fuente isotrópica.



Fuente: *[17]*

La cantidad de energía en cualquier punto de la esfera a una distancia R es la potencia radiada por la fuente dividida por el área de la esfera. Por consiguiente:

$$D = \frac{P_{rad}}{4\pi R^2}$$

Donde:

- **D** es la densidad de potencia.
- **Prad** es la potencia radiada por la fuente (en watts).
- **R** es la distancia desde la fuente al punto que se desea calcular.
- **4πR2** es el área de la esfera.

Por lo tanto, la densidad de potencia será inversamente proporcional al cuadrado del radio de la esfera. A este modelo se le llama **ley del cuadrado inverso.**

5.4.2 Okomura-Hata

Además de la Ley del cuadrado inverso que modela la propagación de las ondas dando forma a una esfera, existen otros modelos surgidos a partir de distintas necesidades en distintas partes del planeta. Uno de estos es el modelo Okomura Hata [18] que surgió a partir de mediciones del comportamiento de las ondas en el intervalo de los 100 MHz hasta los 1.92 GHz en la cuidad de Tokio. A partir de estas mediciones, Okomura y Hata lograron obtener un modelo matemático que tienen en cuenta varios factores cómo la distancia entre transmisor y receptor, la altura de las antenas, la frecuencia. Debido a la simpleza y sencillez del modelo, es bastante usado en la planificación de sistemas de telecomunicaciones en todo Japón.

Este modelo expresa la pérdida de propagación por el espacio libre, Lb, de la siguiente forma:

$$L_b = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d$$

Donde:

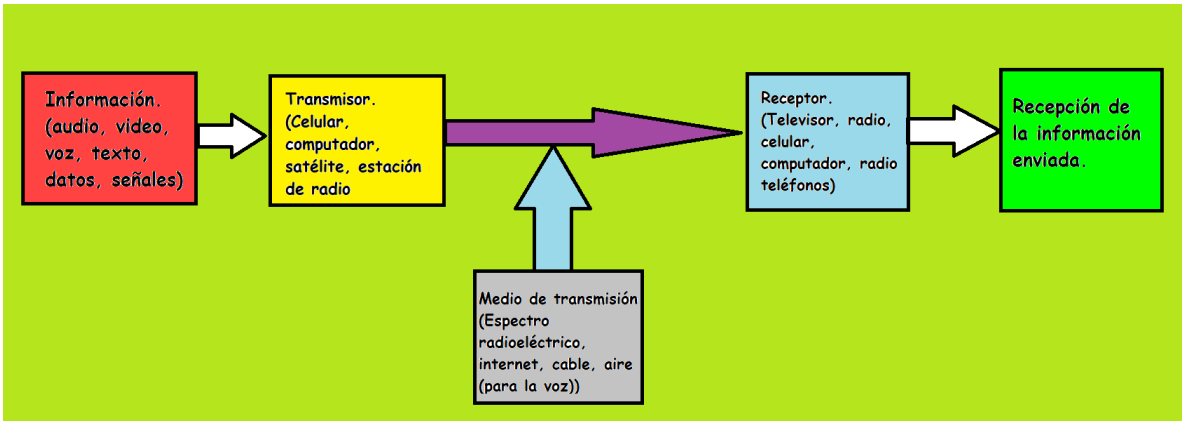
- **Lb** es la pérdida por la propagación por el espacio libre.
- **F** es la frecuencia de la señal.
- **Hb** es la altura de las antenas.
- **A(hm)** es un factor de corrección que depende del tamaño de la ciudad.
- **D** es la distancia entre el transmisor y el punto en el que deseamos conocer la pérdida.

Este modelo funciona en entornos urbanos y suburbanos pero no es tan bueno para zona rurales ya que no considera los fenómenos físicos que ocurren por la forma del terreno y por la gran variabilidad de este mismo.

5.5 Sistemas de Telecomunicaciones.

El fin de un sistema de telecomunicaciones es transportar cualquier tipo de información de un punto a otro. Un diagrama simplificado de un sistema de telecomunicaciones puede verse en la Figura 4.

Figura 4. Diagrama de bloques simplificado de un sistema de telecomunicaciones.



Fuente: *[17]*

Tal como se ve en el diagrama, un sistema de telecomunicaciones se compone de cinco componentes, tomando de ejemplo un canal de televisión cada uno de los componentes serían los siguientes:

- La fuente de información es la fuente de lo que se quiere transmitir, por ejemplo, un reportaje, un partido de fútbol, un noticiero, etc.

- En la etapa de transmisión, se realiza el tratamiento de la información para que pueda ser transmitida. En esta etapa se realiza la codificación de la información, pasa por los equipos que le brindan potencia a la señal (potencia es la energía contenida en la onda electromagnética, es medida en watts [W]), y luego pasa por las antenas, que son los equipos encargados de propagar la señal a transmitir.
- El medio de transmisión es el medio usado por la onda electromagnética para propagarse. Antiguamente el medio de transmisión por excelencia de algunos sistemas eran los cables e hilos de transmisión (conocidos cómo los medios alámbricos), hoy en día, la información es transmitida por las antenas y recibida por estas mismas en otro punto distinto (conocidos como los medios inalámbricos). Las ondas electromagnéticas no requieren un medio cómo tal para propagarse, a diferencia de las ondas sonoras que requieren del aire para propagarse.
- En la recepción, se encuentra la antena receptora y el decodificador de la información. En esta etapa por ejemplo se encuentran los televisores, celulares, computadores y todo equipo que pueda recibir, procesar y mostrar la información transmitida.
- Por último, el destino de la información ocurre cuando el usuario recibe la información transmitida, ocurre cuando el usuario puede, por ejemplo, visualizar y escuchar un programa de televisión.

5.6 Antenas.

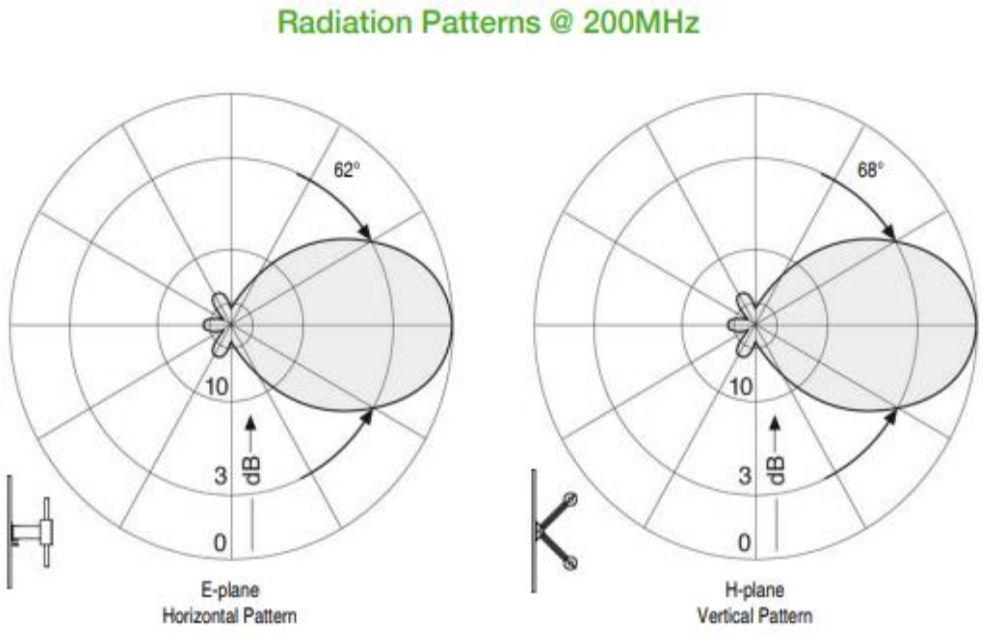
Las antenas son dispositivos encargados de radiar y capturar ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio libre. Son generalmente conductores metálicos que se encargan de transformar la energía eléctrica en ondas electromagnéticas al transmitir y transforman las ondas a energía eléctrica al recibir.

Las características de las antenas son diversas, varían entre ellas el tamaño, su ganancia, el ancho de banda en el que funcionan. Uno de los parámetros más importantes de las antenas es el diagrama de radiación, que describen el comportamiento de la intensidad de campo radiado por la antena en función de diferentes factores, cómo la distancia o cómo el diseño mismo de la antena. Un ejemplo de una antena es la antena VHF LB 10 de la compañía ABE Elettronica. [19]. Una imagen de esta antena puede ser vista en la figura 5. Así mismo, el diagrama de radiación de esta antena puede ser vista en la figura 6.

Figura 5. Imagen de la antena VHF LB 10 de la compañía ABE Elettronica.

Fuente: *[19]*

Figura 6. Diagrama de radiación de la antena VHF LB 10 de la compañía ABE Elettronica



Fuente: *[19]*

Al observar la figura anterior, se puede observar la variación de la potencia irradiada por la antena y el comportamiento de esta radiación. La radiación horizontal de la antena muestra que la antena cubre 62 grados sexagesimales con una potencia de

3 decibelios, y en la radiación vertical cubre 66 grados sexagesimales con una misma potencia.

Las antenas son parte esencial de los sistemas de telecomunicaciones actuales siendo usados en servicios cómo telefonía, televisión, radio, internet, enlaces satelitales, enlaces de microondas entre muchos otros ejemplos.

5.7 Enlaces de microondas.

Son los sistemas de telecomunicaciones que usan las ondas de frecuencias entre 500 MHz y 300 GHz[1]. Gracias a su corta longitud de onda (entre 1 y 60 cm), esta banda de frecuencias es usada para comunicaciones a corta distancia. Estas ondas, al ser de corta longitud son susceptibles a los obstáculos que puedan encontrar causando los fenómenos de reflexión, refracción, etc. Son los enlaces ideales para comunicar dos puntos en una misma ciudad a corta distancia.

Al igual que cualquier sistema, también está compuesto de transmisores, antenas, un medio para propagarse. A diferencia de las radiaciones de radio o de telefonía que requieren mucha potencia para cubrir, por ejemplo, una ciudad, los enlaces de microondas no requieren mucha energía para poder llegar al punto de recepción.

5.8 Enlaces satelitales.

Tomasi en su libro escribió: “En términos astronómicos, un satélite es un cuerpo celeste que gira en órbita en torno a un planeta (por ejemplo, la Luna es un satélite de la Tierra). Sin embargo, en términos aeroespaciales un satélite es un vehículo espacial lanzado por humanos, que describe órbitas alrededor de la Tierra o de otro cuerpo celeste.”[2]

Un satélite usado para las telecomunicaciones puede desde solamente redirigir una señal de un punto a otro, hasta ser capaz de recibir, amplificar, regenerar y transmitir información. Los satélites son el pilar fundamental de tecnologías tan importantes como el sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) usado para determinar la ubicación de algún dispositivo (computador, celular, automóvil, etc), para la emisión y transmisión de televisión para todo el mundo, para la telefonía móvil, etc.

5.9 Entidades reguladoras de las comunicaciones en Colombia.

El uso del espectro radioeléctrico (y, por lo tanto, de las telecomunicaciones) es controlado por el Estado Colombiano al ser este un bien público inenajenable e imprescriptible, según el artículo 75 de la constitución política de Colombia de 1991

[1] Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 2003, pag.761. [17]
[2] Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 2003, pag.793. [17]

[20] y por ser parte integrante del territorio de la nación, según los artículos 101 y 102 de la misma constitución.

Las entidades encargadas de regular este uso son:

- El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, que en su página de internet afirma: *es la entidad que se encarga de diseñar, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.*

  Dentro de sus funciones está incrementar y facilitar el acceso de todos los habitantes del territorio nacional a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a sus beneficios.[3]

  Figura 7. Logo del Ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

  Fuente: https://www.mintic.gov.co/

  A cargo del MinTic, existen dos entidades encargadas de apoyar al ministerio en la gestión y control del espectro radioeléctrico:

  - La Agencia Nacional del Espectro (ANE) es la entidad encargada de brindar el soporte técnico que requiere el MinTic para una adecuada gestión del espectro radioeléctrico.

    Figura 8. Logo de la Agencia Nacional del Espectro

    Fuente: [21]

[3] MinTic. *Acerca del MinTic.* [en línea]. Consultado el 25 de septiembre de 2018 de la página web: https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html [49]

Entre las funciones de la ANE, cómo lo indica su página web[4] son:

- Asesorar al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el diseño y formulación de políticas, planes y programas relacionados con el espectro radioeléctrico.
- Diseñar y formular políticas, planes y programas relacionados con la vigilancia y control del Espectro, en concordancia con las políticas nacionales y sectoriales y las propuestas por los organismos internacionales competentes, cuando sea del caso.
- Estudiar y proponer, acorde con las tendencias del sector y las evoluciones tecnológicas, esquemas óptimos de vigilancia y control del espectro radioeléctrico, incluyendo los satelitales.
- Ejercer la vigilancia y control del espectro radioeléctrico.
- Realizar la gestión técnica del espectro radioeléctrico.

El desarrollo de este estudio se basará en los lineamientos y en la información de la Agencia Nacional del Espectro, lo cual será fundamental para cumplir los requisitos técnicos que el canal de televisión digital requiere.

- La otra entidad estatal que apoya al MinTic es la Comisión de Regulación de Comunicaciones encargada de promover la competencia y de proteger al usuario de las telecomunicaciones.

Figura 9. Logo de la comisión de regulación de comunicaciones

Fuente: https://www.crcom.gov.co

- Por último, la entidad encargada de brindar las herramientas para la prestación del servicio de televisión en el país es la Autoridad Nacional de

[4] Agencia Nacional del Espectro. *Funciones y deberes.* [en línea]. Consultado el 25 de septiembre de 2018 de la página web: http://www.ane.gov.co/index.php/about-us/funciones-y-deberes.

Televisión (ANTV). También garantiza el pluralismo informativo, la competencia y la eficiencia del servicio. [22].

Figura 10. Logo de la Autoridad Nacional de Televisión.

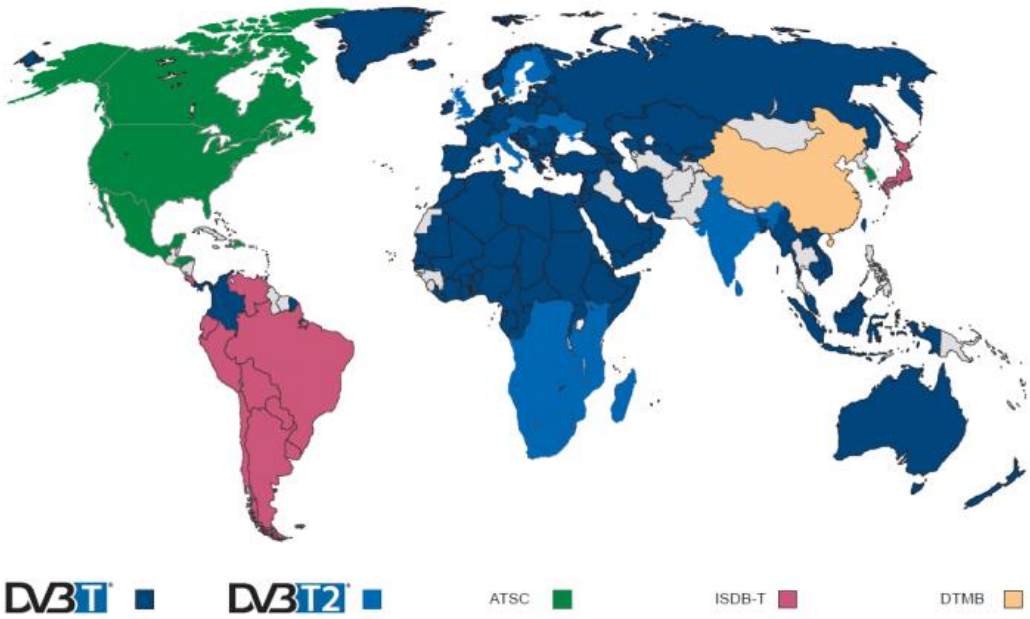
Fuente: [22]

Es a partir de los lineamientos y políticas de la ANTV que se debe garantizar un buen servicio de calidad para los usuarios, la ANTV al regular este servicio especifica los requerimientos para adquirir licencias para la implementación de un canal de televisión. Se seguirán los lineamientos de esta entidad para nuestro canal de televisión digital.

5.10 Televisión Digital y el Estándar DVB – T2.

La televisión digital consiste en la transmisión de audio e imágenes en movimiento por medio de bits (codificación binaria) que se transmiten de un punto a otro por medio de una red de repetidores. Para la implementación de esta transmisión de información, existen estándares establecidos, como el estándar americano ATSC, el estándar chino DTMB y el estándar japonés ISDB-T. En el contexto de nuestro país, Colombia adoptó el estándar europeo de televisión digital terrestre: el estándar DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) en agosto de 2008 [23]. Un mapa que muestra el despliegue de la televisión digital en el mundo según el estándar que cada país ha adoptado se puede ver en la figura 11.

Figura 11. Adopción y despliegue de los estándares de la TDT en el mundo.

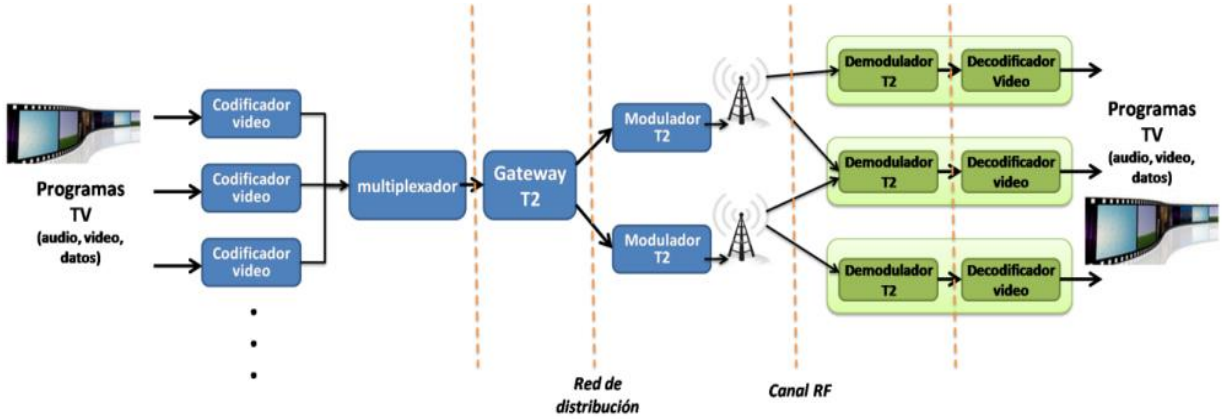


Fuente: *[24]*

La necesidad de una mejor gestión de los canales asignados para la televisión en el espectro radioeléctrico, una mejor calidad de imagen, una mejor compresión de los datos, y una sensibilidad menor a la interferencia, fueron los factores que llevaron a Colombia a cambiar el estándar DVB – T a una nueva versión de nombre DVB – T2 [25] .

Un sistema DVB-T2 tiene como característica la codificación de sonidos y video en información digital, además de transmitir otro tipo de información que pueda ser sacada de cualquier programa de televisión cómo los subtítulos, audios en otros idiomas, información de la programación del canal, etc. Luego de multiplexar y codificar la información, pasa por una puerta de enlace (Gateway) que es la que indica y controla todas las tramas de datos a transmitir y la conecta con el modulador. Un modulador lo que hace es colocar la información a transmitir a las ondas portadoras, las ondas portadoras contienen la frecuencia por la que las ondas viajarán hacia su destino, en otras palabras, la frecuencia de la portadora es la que define que parte del espectro radioeléctrico usará el servicio de DVB-T2 para llegar a su destino. El resto del sistema consiste en realizar el proceso inverso cuando la información llega a su destino, decodificándola para ser traducida en audio, video, texto, etc. Un diagrama que explica la arquitectura de un sistema DVB-T2 puede ser visto en la figura 12.

Figura 12. Arquitectura general de un sistema DVB-T2.



Fuente: *[26]*

Algunas características del DVB-T2 [27]

- Los anchos de banda de los canales pueden ser de 1.7,5,6,7,8,10 MHz
- Mayor flujo de información al pasar de 24 Mbit/s en el estándar DVB-T a 40 Mbit/s en el estándar DVB-T2
- Mejor compresión de datos así brindando un uso más eficiente del espectro radioeléctrico.
- Tiene un mejor esquema de modulación e integra la corrección de errores hacia adelante (Forward Error Correction, FEC en inglés).
- Incorpora otros intervalos de guarda para evitar fenómenos cómo el eco y la interferencia de la señal.

6 DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Preámbulo

El canal de televisión tendrá dos características importantes: será un canal abierto, que significa que cualquier persona podrá recibir su señal desde un área de servicio establecido, y también será comunitario, o sea, un canal sin ánimo de lucro [16]. La ANTV regula y verifica estos tipos de canales para que cumplan con los estándares admitidos, y así lograr una correcta transmisión de la señal, asegurando una televisión de calidad para el televidente [17].

Se realizó el estudio para la realización de tres enlaces: un enlace de radiofrecuencia que tiene como objetivo brindar la señal del canal cubriendo la totalidad del área metropolitana de la ciudad de Tunja, un enlace satelital que tiene como fin enlazar la trasmisión del canal con un satélite para que la señal del canal pueda llegar a cualquier lado del mundo, por último, un enlace de microondas punto a punto, que se usará para transmitir la señal entre dos lugares cercanos. La asignación de estos lugares se realizó en el desarrollo del estudio.

Metodología

La realización del estudio constó de tres fases:

La primera fase consistió en realizar los cálculos teóricos del estudio de radiación, del enlace satelital y el enlace microondas. Así mismo, se realizó la asignación de frecuencias para cada uno de los enlaces. La segunda fase consistió en la estructura de costos de los equipos necesarios para lograr la implementación de los tres enlaces, además de los costos implicados en la producción de contenido para el canal. Por último, se realizó un estudio de factibilidad en donde se midió la posibilidad de éxito del proyecto.

Este proyecto fue dirigido a la comunidad universitaria de la Universidad Santo Tomás de Tunja.

7 ESTUDIO DE RADIACIÓN

7.1 Selección de frecuencia.

Para la selección de una frecuencia disponible para él canal, se tiene en cuenta el registro de frecuencias disponibles para televisión, publicado en la página web de la Agencia Nacional del Espectro (ANE). El registro muestra la siguiente frecuencia disponible para la cuidad de Tunja.

Tabla 2. Frecuencias disponibles para la ciudad de Tunja del registro de televisión de la ANE.

No	Código Dane	Departamento	Municipio	Registro de frecuencias disponibles
216	15001	Boyacá	Tunja	50

Fuente: *[21]*

El canal número 50 será el canal que se usará para el desarrollo del estudio de este canal de televisión.
La canalización de la banda de televisión nos muestra las frecuencias que componen la banda de este canal, este documento también se puede observar en la página web de la ANE.

Tabla 3. Banda de frecuencias del canal número 50 del registro de canalización de la ANE.

Banda		No. Canal	Frecuencia Central	Límite inferior	Portadora de video	Portadora de color	Portadora de audio	Límite superior
UHF	V	50	689	686	687,25	690,75	691,75	692

Fuente: *[21]*

La frecuencia asignada corresponde al límite inferior, debido a que es un canal digital sólo es necesario usar esta frecuencia y no todo el ancho de banda.

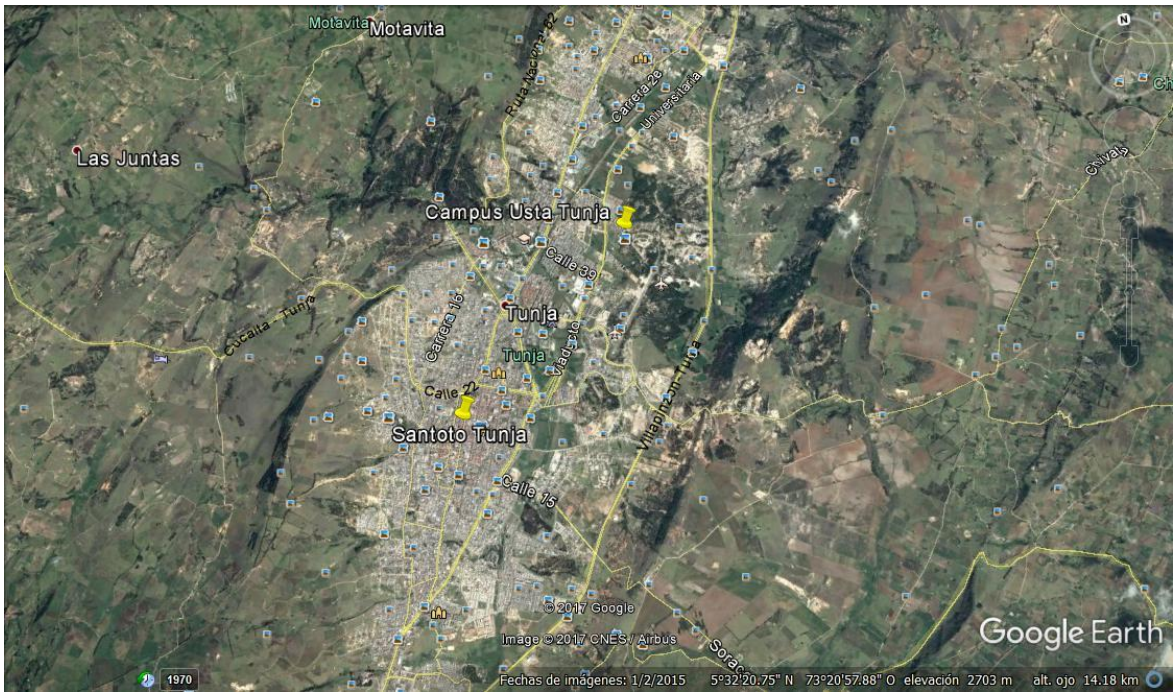
El ancho de banda establecido para los canales en el estándar DVB – T2 corresponde a 6 MHz.

7.2 Cálculo del punto más lejano de recepción (PRC) y asignación del sitio de transmisión.

Los sitios de transmisión son ubicados considerando las dos sedes de funcionamiento de la universidad Santo Tomás en Tunja, las cuales son: la sede

principal y el campus. Se usará el software Google Earth para determinar la ubicación de estos puntos como se puede ver en la figura 13.

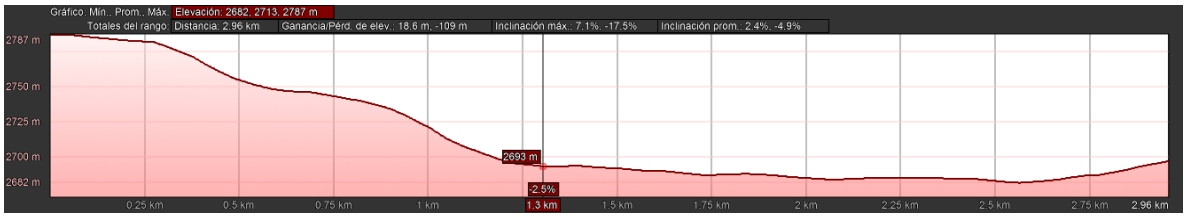
Figura 13. Ubicación de las dos sedes de la universidad Santo Tomás en Tunja



Fuente: Propia

Para seleccionar cuál de estos dos puntos será usado cómo sitio de transmisión se seleccionará el sitio más alto. Para hallar estas alturas se usa la herramienta “regla” en Google Earth como se ve en la figura 14.

Figura 14. Perfil de elevación de las dos sedes de la USTA en Tunja.

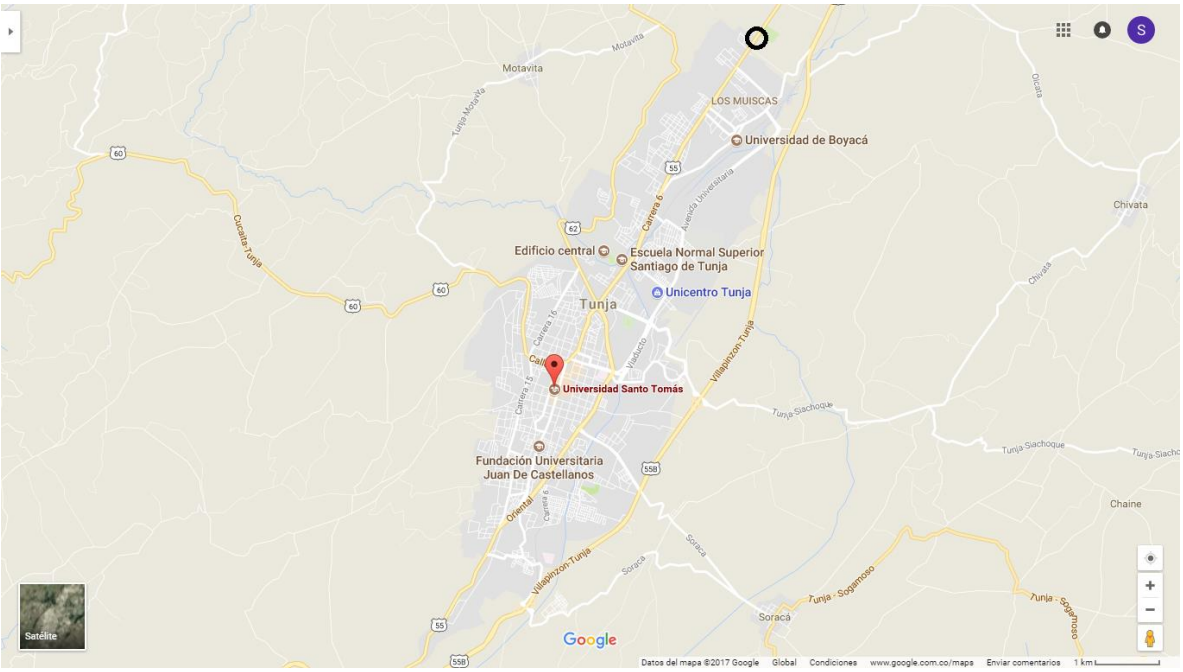


Fuente: Propia

El punto inicial (0 Km) corresponde a la posición de la sede central y el punto final (2.96 Km) corresponde a la posición de la sede del campus. A partir de lo hallado en el perfil de elevación, se selecciona la Sede Central como el sitio de transmisión a partir de las alturas halladas con el software.

Para asignar el punto más lejano de recepción se consulta el área metropolitana de Tunja [28]. El PRC será el punto más lejano entre el sitio de transmisión y el límite del área metropolitana tal cómo se ven la figura 15.

Figura 15. Área metropolitana de Tunja en gris ubicando el sitio de transmisión (rojo) y el PRC (negro).



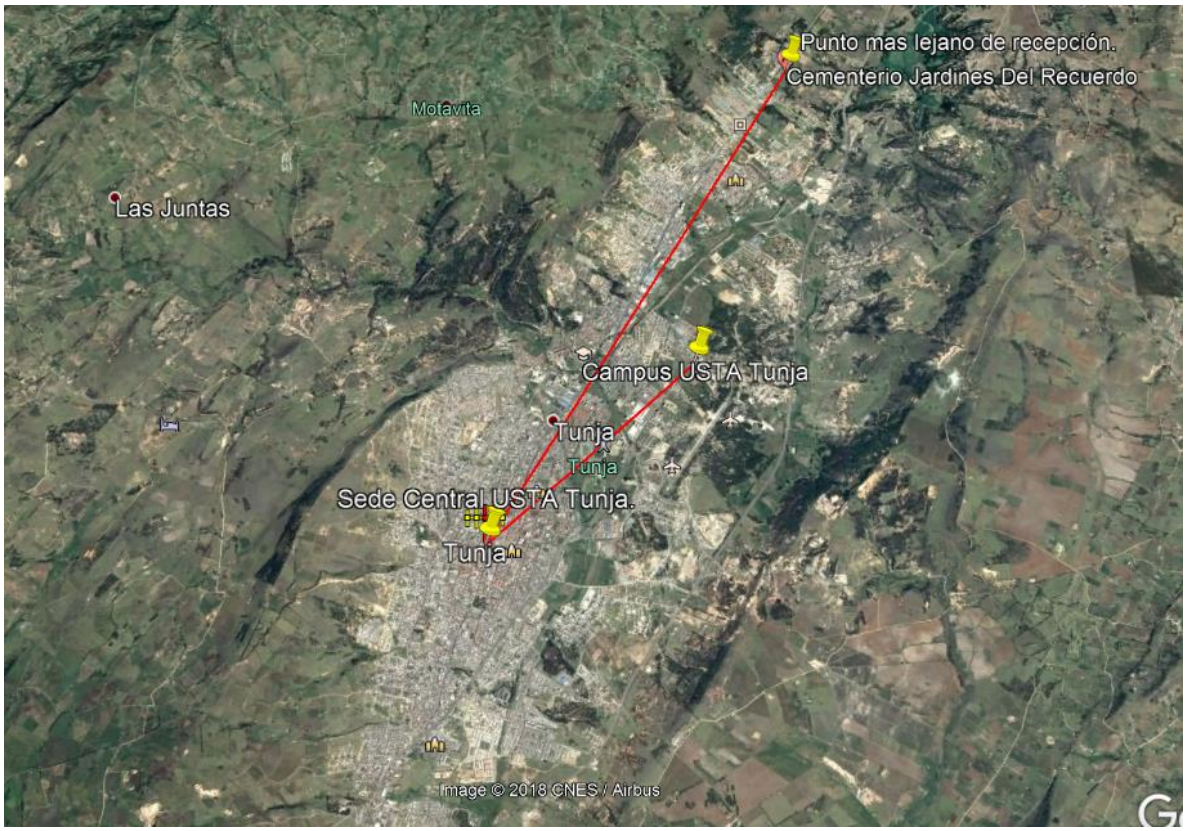
Fuente: Propia

El PRC coincide con la ubicación del cementerio Jardines del recuerdo, esta será la referencia para la ubicación del punto más lejano de recepción.
Se halla la distancia entre el PRC y el sitio de transmisión usando la regla de Google Earth. La distancia hallada es de 6.42 Km.

Las características del canal hasta el momento son:

- Canal: 50
- Frecuencia central: 689 MHz
- Frecuencia límite inferior: 686 MHz
- Frecuencia límite superior: 692 MHz
- Ancho de banda: 6 MHz
- Distancia máxima a cubrir: 6.42 Km
- Ubicación del punto de transmisión:
    - Longitud: 73°21'49.40"O
    - Latitud: 5°31'57.96"N

Figura 16. Perfil de elevación y distancia entre el sitio de transmisión y el PRC.

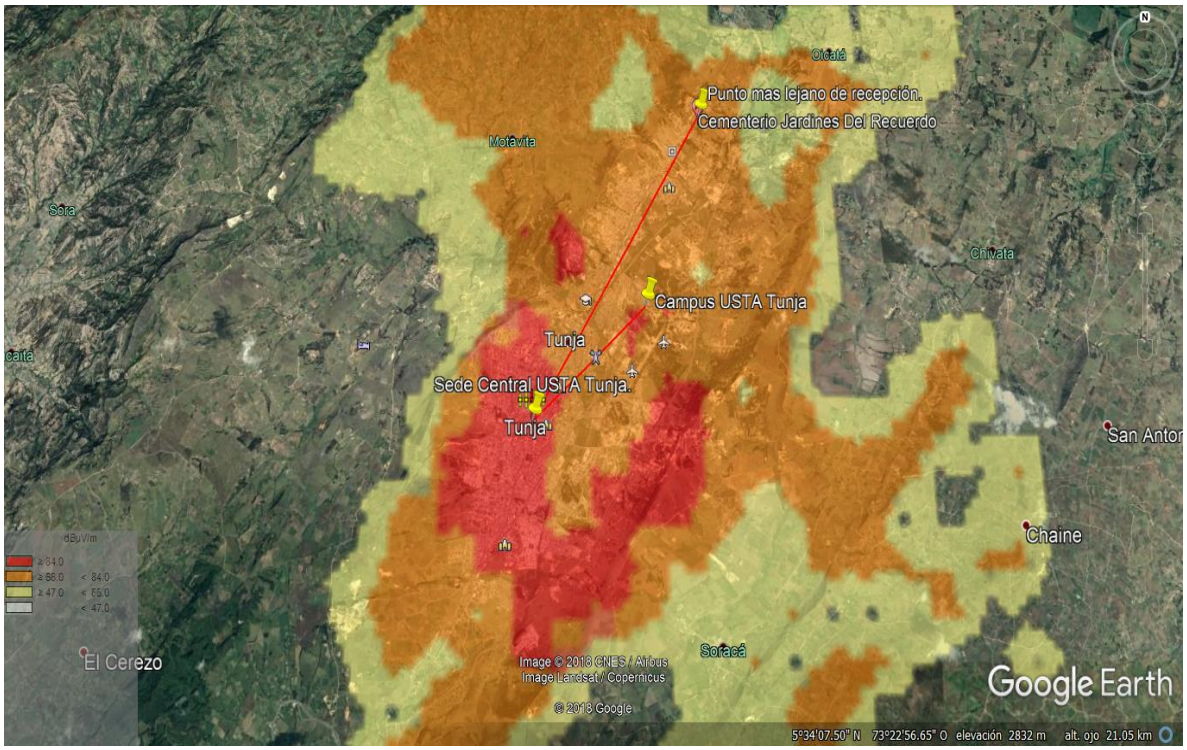


Fuente: Propia

7.3 Simulación inicial.

Luego de obtener los datos de la ubicación del transmisor y el área que la señal del canal debe cubrir, se envían estos datos a un proveedor de equipos de radiodifusión llamado ABE Elettronica. De ABE obtuvimos una simulación de la cobertura de la señal del canal a partir de los datos obtenidos anteriormente. La simulación se realizó en Google Maps y esta muestra los niveles de potencia del área a cubrir cómo se puede ver en la figura 17.

Figura 17. Simulación de cobertura de la señal realizado por la compañía ABE Elettronica.



Fuente: Simulada por ABE Elettronica.

Los parámetros de la simulación son los siguientes:

- Potencia de transmisión: 400W rms.
- Transmisor utilizado: MTX D 400/U.
- Número de antenas usadas: 12.
- Antena usada: UHF LB 13/SA. [29]

Esta simulación se basa en suponer el uso de un transmisor de 400W rms DVB-T2 y una antena omnidireccional de 12 paneles. Las especificaciones técnicas de los equipos usados para esta simulación se mencionarán a lo largo de la realización de este estudio.

Se puede concluir a partir de la simulación que suponiendo el uso del transmisor y la antena antes mencionados, estos cumplen con la cobertura del área metropolitana del municipio de Tunja, pero la máxima potencia decae en gran parte de la ciudad. Esto se debe a factores geográficos y terrenales característicos de la ciudad. Edificios y desniveles del terreno pueden causar fenómenos de refracción, difracción y reflexión de las ondas transmitidas y estas causan que la señal no llegue con la potencia requerida a toda la ciudad de Tunja.

A partir de estos datos y estas conclusiones, realizaremos los cálculos de radiación para hallar una ganancia del sistema de transmisión y que la señal pueda ser alcanzada sin problemas en todo el municipio.

7.4 Cálculo de la ganancia del sistema de transmisión y número de antenas.

Para realizar el cálculo de la ganancia del sistema de transmisión y del número de antenas necesarios para que la señal del canal pueda llegar a cubrir sin ningún problema al PRC asignado, se deben tener en cuenta todas las ganancias y pérdidas que puedan afectar el funcionamiento del sistema. Para realizar este cálculo inicialmente se tendrá en cuenta la información brindada por la simulación inicial para hallar la ganancia necesaria del sistema de antenas. Todo esto se sintetiza en la siguiente ecuación:

$$P_{PRC} = P_{Tx} + G_{ANT\,Tx} + G_{ANT\,Rx} - \alpha_0 - \alpha_{Cable} - \alpha_{Dis} - \alpha_D \qquad (1)$$

En donde:

- PPRC es la potencia de recepción del PRC.
- PTx es la potencia nominal del transmisor ubicado en el sitio de transmisión.
- GANT Tx es la ganancia del sistema de antenas de cobertura omnidireccional que se usará para la transmisión del canal.
- GANT Rx es la ganancia de la antena en el punto de recepción. Cómo no habrá antena de recepción, la ganancia equivaldría a cero.
- α0 es la pérdida o atenuación de potencia por el espacio libre entre el transmisor y el punto de recepción.
- αCable son las pérdidas causadas por la línea de transmisión que parte del transmisor hasta llegar al sistema de antenas.
- αDis son las pérdidas causadas por la distribución de la potencia del transmisor en varias direcciones.
- αD son las pérdidas físicas del distribuidor de antenas.

La potencia de transmisión está estandarizada conforme al nivel de señal determinado por la Comisión Nacional de Televisión (hoy Autoridad Nacional de Televisión) para la banda de frecuencias dispuestas para los canales locales

(Acuerdo 21 de 1997) este valor es el mismo dispuesto por la recomendación CCIR 417-3 para los valores mínimos de protección.

Esta recomendación define las potencias para garantizar una buena calidad en la prestación del servicio de televisión.

Tabla 4. Recomendación de la UIT descrita en el CCIR 417-3 que describe las potencias mínimas y máximas recomendadas para la señal de los canales locales.

BANDA	I Y II	III	IV	**V**
dB(μV/m) Mínimo.	+48	+55	+65	**+70**
Máximo	+80	+83	+86	**+91**

Fuente: *[30]*

Estos valores de potencia están descritos en dB(μV/m), y para hallar la potencia del transmisor en necesario convertir este dato a dBm.

Los decibelios, así como los dBm pueden usarse para expresar ciertas medidas a una escala logarítmica, así que no sólo se puede usar para expresar potencia eléctrica o nivel de sonido.

Partiendo de la expresión que define matemáticamente lo que es un dBm:

$$dBm = 10\log\frac{P(watts)}{1mW}$$

Se pueden hallar equivalencias de potencias en dBm's en watts a partir de esta expresión. La siguiente tabla servirá para para establecer una relación entre la potencia expresada en dBm y la potencia en Watts:

Tabla 5. Tabla de relación de las potencias expresadas en dBm's y Watts.

Potencia en dBm	Potencia en Watts	Ejemplo
70 dBm	10 kW	Potencia de transmisión de una estación de radio FM.
50 dBm	100 W	Potencia máxima de las estaciones RF de aficionados.
30 dBm	1W	Potencia de transmisión de un PLC.
20 dBm	100 mW	Potencia típica de un router inalámbrico WiFi
0 dBm	1 mW	Potencia de cobertura Bluetooth a un metro.
-70	100 pW	Rango típico de potencia que puede se recibida en WLAN (802,11x).

Fuente: Propia.

Aplicando propiedades:

$$dBm = 10\log\frac{P}{0.001} = 10\log P - 10\log 0.001$$

$$dBm = 10\log P + 30$$

La *P* se refiere a la densidad de potencia (o también llamada intensidad de campo) y se refiere a la cantidad de energía que puede irradiar la propagación de las ondas electromagnéticas por unidad de área.

Por lo tanto, la intensidad de campo se puede expresar así teniendo en cuenta la ley de Ohm:

$$P = \frac{e^2}{R}$$

Donde:

- e es la intensidad RMS del campo eléctrico (Volts por metro)
- R es la impedancia característica del cable que va entre el transmisor y la antena y por lo general es de 50Ω (ohms).

Reemplazando P en la expresión final de dBm:

$$dBm = 10\log(e^2/50) + 30$$

$$dBm = 10\log e^2 - 10\log 50 + 30$$

$$dBm = 10\log e^2 - 17 + 30$$

$$dBm = 10\log e^2 + 13$$

$$dBm = 20\log e + 13$$

$$20\log e = dBm - 13$$

Ahora, partimos de la expresión que define un dBμ:

$$dB\mu = 20\log(e/10^{-6})$$
$$dB\mu = 20\log e - 20\log 10^{-6}$$
$$dB\mu = 20\log e + 120$$
$$20\log e = dB\mu - 120$$

Igualando las dos ecuaciones:

$$20\log e = dB\mu - 120 = dBm - 13$$

$$20\log e = dBm = dB\mu - 107 = E \qquad (2)$$

Ahora se hallará la relación entre dB(μV/m) y dBm partiendo de la ecuación (3) para hallar la intensidad de campo mínimo en la distancia crítica:

$$dB(\mu v/m) = 20\log\left(10^{\left(\frac{E-B}{20}\right)}\right) + 20\log\left(\frac{2\pi f}{c}\right) \qquad (3)$$

En donde:

- E es la ganancia en dBm vs dBμV con impedancia de 50 Ω.
- B es la ganancia en dBm de la antena de recepción.
- f es la frecuencia de la señal del canal.
- c es la velocidad de la luz.

Cómo no existirá antena en el punto de recepción, **B = 0.**

Reemplazando la ecuación (2) en la ecuación (3) se obtiene:

$$dB(\mu v/m) = 20\log\left(10^{\left(\frac{dBm+107-0}{20}\right)}\right) + 20\log\left(\frac{2\pi * 686}{300}\right)$$

$$dB(\mu v/m) = dBm + 107 + 20\log(14.3675)$$

$$dBm = -107 - 23.1476 + dB(\mu v/m)$$

$$dBm = -130.1476 + dB(\mu v/m)$$

Finalmente, reemplazando el valor de la potencia máxima se obtiene:

$$dBm = -130.1476 + 91\ dB(\mu v/m)$$

$$dBm = -39.1476 = P_{PRC}$$

7.4.1 Atenuación del espacio libre.

La pérdida o atenuación por el espacio libre se define cómo la pérdida de energía que sufre una onda electromagnética al propagarse en línea recta por el vacío [17]. En la realidad, no ocurre exactamente eso, sino que, al propagarse por el vacío, la energía no se pierde, sino que se reparte al alejarse de la fuente que la origina, por lo cual, se produce una menor densidad de potencia en determinados puntos a una distancia establecida de la antena transmisora. Esta pérdida se justifica a partir de la ley del cuadrado inverso, cuya ecuación es:

$$\boldsymbol{\alpha}_0 = (\frac{4\pi D}{\lambda})^2 = (\frac{4\pi Df}{c})^2$$

Donde:

- **D** es la distancia en metros
- **F** es la frecuencia en Hertz.
- **λ** es la longitud de onda en metros.
- **c** es la velocidad de la luz en el vacío (3 x 10^8 m/s).

<u>*Notas:*</u>

- ✓ La igualdad se cumple teniendo en cuenta la ecuación que relaciona la frecuencia y la longitud de onda de cualquier onda electromagnética.
- ✓ La velocidad de la luz en el aire es el 99.97% de la velocidad de la luz en el vació, por lo cual, se toma la misma velocidad ya sea en el aire o en el vacío.
- ✓ Se usa el modelo de la ley del cuadrado inverso debido a que las simulaciones y el software de ABE Elettronica funcionan a partir de este modelo.

Se expresará la ecuación en decibeles:

$$\boldsymbol{\alpha}_{0(dB)} = 10\log(\frac{4\pi D}{\lambda})^2 = 20\log\frac{4\pi Df}{c} = 20\log\frac{4\pi}{c} + 20\log f + 20\log D$$

Si la frecuencia se expresa en MHz y la distancia en Km:

$$\boldsymbol{\alpha}_{0(dB)} = 20\log\frac{4\pi(10)^6(10)^3}{3\times10^8} + 20\log f_{(MHz)} + 20\log D_{(Km)}$$

$$\alpha_{0(dB)} = 32.4 + 20\log f_{(MHz)} + 20\log D_{(Km)}$$

De igual forma, si la frecuencia se expresa en GHz y la distancia en Km:

$$\alpha_{0(dB)} = 92.4 + 20\log f_{(GHz)} + 20\log D_{(Km)}$$

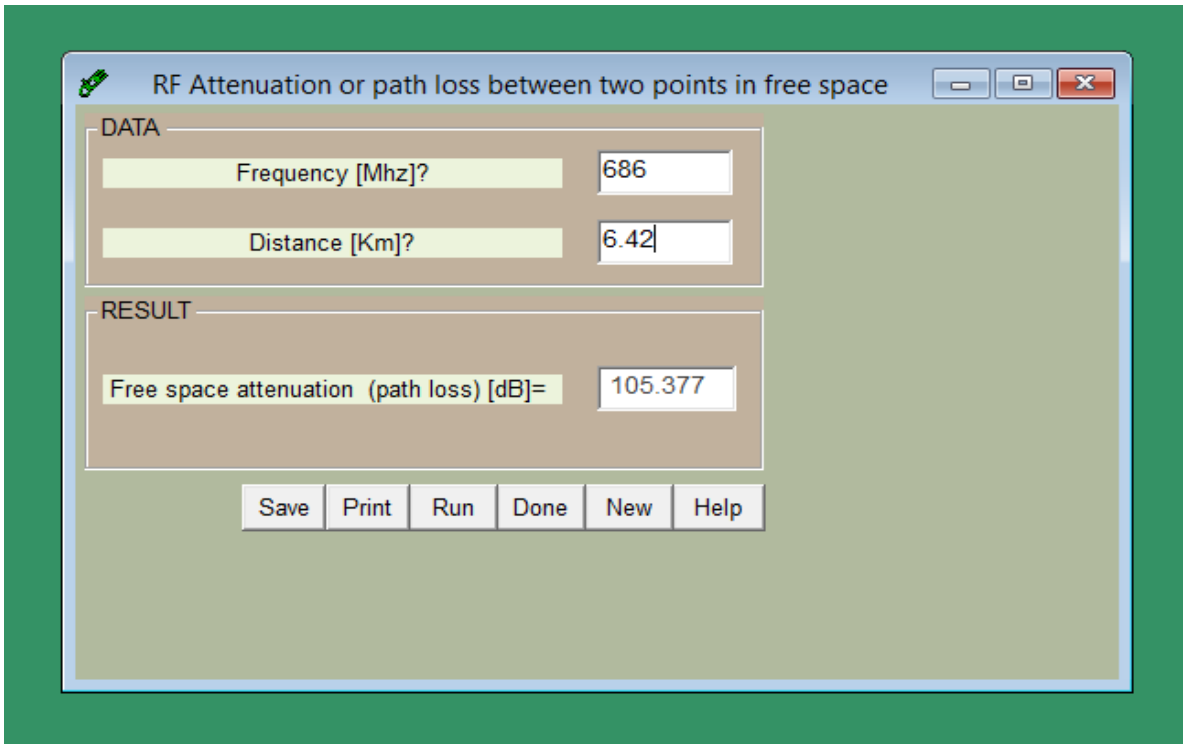
Realizando el cálculo:

$$\alpha_0 = 32.4 + 20\log(686\ Mhz) + 20\log(\ 6.42\ Km)$$

$$\alpha_0 = 105.3172$$

Usando el software del proveedor de equipos electrónicos llamado ABE Elettronica S.p.A, podemos simular estos cálculos cómo observamos en la figura 18.

Figura 18. Cálculo de la pérdida por la trayectoria del espacio libre usando el software ABE RF Calculator.



Fuente: Software Abe RF Calculator.

7.4.2 Selección y atenuación de la línea de transmisión.

Para poder seleccionar el cable entre el transmisor y la antena es necesario saber el tipo de transmisor que vamos a usar. Para eso, se tendrá en cuenta la simulación inicial en donde también se considera un tipo de transmisor específico. En la simulación fue tenido en cuenta el transmisor MTX D 400/U [31]. Una imagen del equipo se puede ver en la figura 19.

Figura 19. Transmisor MTX D 400/U.

Fuente: *[31]*

Las características técnicas transmisor se pueden observar en la figura 20.

Figura 20. Especificaciones técnicas del transmisor MTX D 400/U.

MTX D 400/U Standard specification

GENERAL SPECIFICATIONS

Output frequency range:	UHF 470 to 860MHz in 1Hz steps
Output Power (before output filter):	400W rms (tol. +0/-1dB)
Output connector:	7-16 connector
MER:	≥ 35dB
Shoulders attenuation (before output filter):	38dB typ.; (min. ≥ 36dB)
Housing:	Rack Drawer 19" 3-RU
Power consumption:	Typ. 1,8KVA; Max. <2KVA – Standard Broadband Configuration
Power supply:	230 Vac ±10% 50/60Hz single phase (different power supplies and tolerances available on request)

Fuente: *[31]*

Si se observan las características técnicas, se puede observar que el conector del transmisor es de tipo 7 – 16 pulgadas. A partir de este dato, se debe buscar una línea de transmisión para este tipo de conector. Al buscar un cable con este tipo de conector, se encontró una línea de transmisión de referencia FSJ4-50B. El FSJ4-50B es un cable coaxial súper flexible. Una imagen de este cable se puede ver en la figura 21.

Figura 21. Descripción del cable coaxial FSJ4-50B.

FSJ4-50B

FSJ4-50B, HELIAX® Superflexible Foam Coaxial Cable, corrugated copper, 1/2 in, black PE jacket

Fuente: *[32]*

La compañía fabricante de este cable llamada Commscope, posee en la página web de este producto una herramienta para calcular la pérdida de potencia dependiendo de la frecuencia de la señal a transmitir [32]. Al ingresar la frecuencia de la señal asignada (686 MHz), se obtienen los datos que se pueden observar en la figura 22.

Figura 22. Tabla de pérdidas del cable FSJ4-50B a partir de la frecuencia asignada para el canal.

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Attenuation (dB/100 ft)
686	9.575	2.918

Fuente: *[32]*

Si asumimos una distancia de 100m, que es la distancia promedio entre la estación de transmisión con la antena, la pérdida de la línea de transmisión será:

$$\alpha_{cable} = 9.575\ dB$$

Así mismo, se busca un conector de tipo 7-16 pulgadas. La misma compañía, Commscope, ofrece un conector de este tipo de referencia F4PDF-C [33], una imagen de este conector se puede ver en la figura 23.

Figura 23. Descripción del conector de tipo 7 – 16 F4PDF-C.

F4PDF-C

7-16 DIN Female for 1/2 in FSJ4-50B cable

Fuente: *[33]*

7.4.3 Atenuación de distribución.

La distribución de la potencia de transmisión en distintas direcciones para lograr la cobertura deseada atribuye una pérdida de esta potencia. Esta atenuación está definida en la siguiente ecuación:

$$\alpha_{Dis} = 10\log\left(\frac{Número\ de\ transmisores}{Número\ de\ direcciones}\right)$$

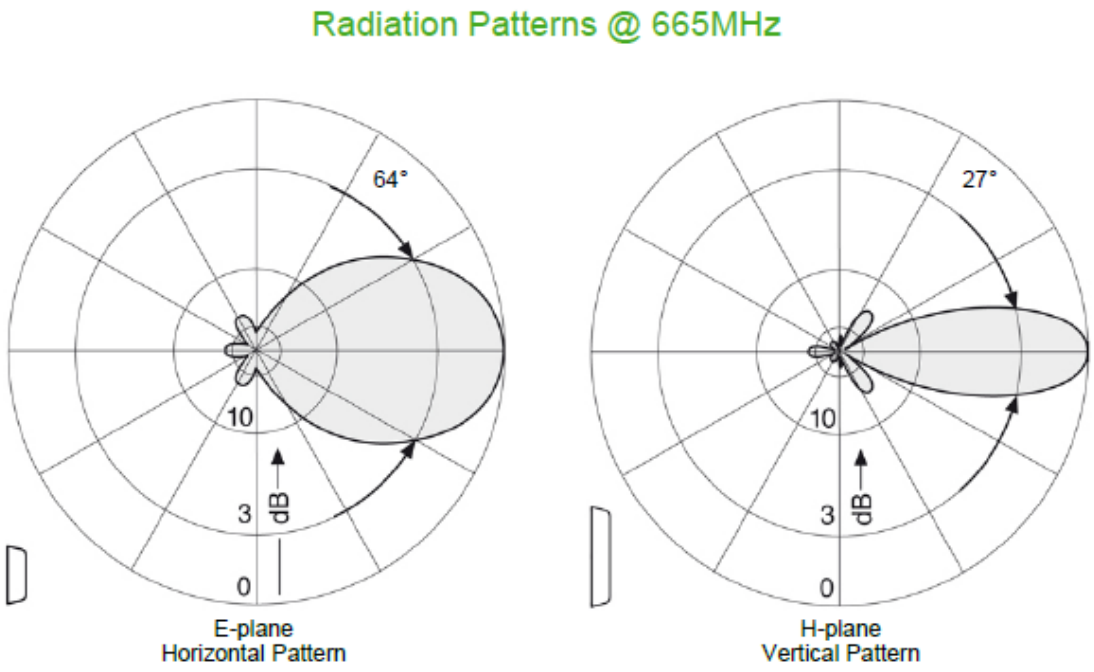
Sólo se usará un único transmisor, y el sistema de antenas se compone de 12 caras donde una cara apunta a una misma dirección logrando una cobertura de 360°, por lo tanto, son 6 direcciones a los cuales apuntaremos. El arreglo de antenas que fue tenido en cuenta en la simulación es el arreglo de antenas UHF LB 13/SA [29]. Una imagen de este arreglo de antenas puede ser visualizada en la figura 24.

Figura 24. Arreglo de antenas UHF LB 13/SA.

Fuente: *[29]*

Una característica fundamental a tener en cuenta es el patrón de radiación de la antena. Cada antena de este arreglo, tiene un patrón de radiación definido en la figura 25.

Figura 25. Patrón de radiación horizontal y vertical de una cara del arreglo de antenas UHF LS 13/SA.



Fuente: *[29]*.

Teniendo en cuenta la figura 18, una cara ubicada horizontalmente cubre 64° a una ganancia nominal de 3 dB, para poder tener cobertura omnidireccional (cobertura de 360°) se requiere el uso de 12 caras para lograr esta cobertura. Por lo tanto, la señal será redirigida en 6 direcciones usando un único transmisor.

Reemplazando se obtiene:

$$\alpha_{Dis} = 10\log(\frac{1}{6})$$

$$\alpha_{Dis} = -7.781\ dB$$

Otros datos técnicos del arreglo de antenas a tener en cuenta se pueden observar en la figura 26.

Figura 26. Datos técnicos del arreglo de antenas UHF LS 13/SA.

Technical data

ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
Frequency range:	470÷860 MHz
Average gain (λ/2):	11.5 dBd
Average gain (ISO):	13.7 dBi
Impedence:	50 Ω
Max VSWR:	1.1:1
Max Power:	2kW
Connector:	7/16 (f) – option: EIA flange 7/8" (on request, also "N" female with reduced max power)
Horizontal beam-width (@ -3dB):	about 64°
Vertical beam-width (@ -3dB):	about 27°
Polarization:	horizontal (H)

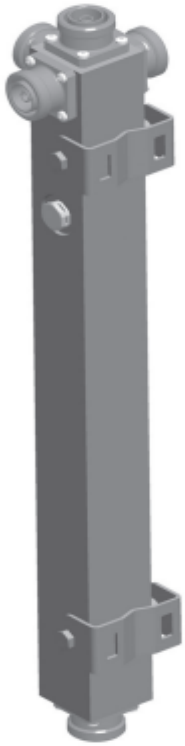
Fuente: *[29]*

En la figura 26 se puede verificar datos importantes cómo el rango de frecuencias de trabajo de la antena, el conector que se debe usar, la polarización y sus rangos de cobertura, la ganancia de la antena, entre otros.

7.4.4 Atenuación del distribuidor de antenas.

Es una pérdida constante que se da al distribuir la señal a transmitir por varias antenas. Para dividir la energía de la señal se utiliza un repartidor de potencia (power splitter en inglés). Se busca un repartidor de potencia que tenga el mismo conector usado en todo el sistema (7 -16 pulgadas), que soporte la potencia del transmisor (400 W) y que trabaje en el rango de frecuencias de la señal del canal (686 MHz). Se encontró un repartidor de referencia 768336 de la marca Kathrein [34]. Una imagen del repartidor puede ser visualizado en la figura 27.

Figura 27. Repartidor de potencia Kathrein 768333.



768333

Fuente: *[34]*.

Los datos técnicos del repartidor pueden ser visualizados en la figura 28.

Figura 28. Datos técnicos del repartidor de potencia Kathrein 768333.

470 – 862 MHz

Order No.	768331	768332	768333
Connector		7-16 female	
Max. power (at 50 °C ambient temp.)		1 kW	
Number of outputs	2	3	4
Frequency range		470 – 862 MHz	
Impedance		50 Ω	
VSWR		< 1.07	
Insertion loss		< 0.05 dB	
Max. size		520 / 82 / 82 mm	

Fuente: *[34]*.

A partir de los datos técnicos, el repartidor mencionado se acopla a los requerimientos del sistema.

Cómo se dividirá la señal en seis caras, usando el repartidor 768333 de una entrada y cuatro salidas necesitaríamos dos repartidores de señal. La pérdida de energía que se da por repartir la señal está indicada en los datos técnicos cómo *insertion loss*. Por lo tanto, la pérdida de distribuidor será dos veces la pérdida de un solo distribuidor

$$\alpha_D = 2 * 0.05\ dB = 0.1dB$$

7.4.5 Conversión de la potencia de transmisión a decibeles.

Para continuar con el cálculo de la ganancia de antenas, se debe expresar la potencia de transmisión inicial (400W) en mili decibelios. Para eso aplicamos la siguiente fórmula:

$$P_{Tx(dBm)} = 10\log\frac{P(watts)}{1mW}$$

Reemplazando:

$$P_{Tx(dBm)} = 10\log\frac{400W}{1mW}$$

$$\boldsymbol{P_{Tx(dBm)} = 56.02\ dBm}$$

7.5 Cálculo de la ganancia de antenas.

Se reemplazan todos los datos obtenidos en la ecuación (1):

$$P_{PRC} = P_{Tx} + G_{ANT\ Tx} + G_{ANT\ Rx} - \alpha_0 - \alpha_{Cable} - \alpha_{Dis} - \alpha_D \qquad (4)$$

$$-39.1476 = 56.02 + G_{ANT\ Tx} + 0 - 105.3172 - 9.575 + 7.781 - 0.1$$

Despejando la ganancia se obtiene que:

$$G_{ANT\ Tx} = -39.1476 - 56.02 + 105.3172 + 9.575 - 7.781 + 0.1$$

$$G_{ANT\,Tx} = 12.0436\ dB$$

Por lo tanto, es necesario un sistema de antenas total con una ganancia cercana a los 12.0436 dB.

Para hallar la cantidad necesaria de antenas para poder lograr cumplir la ganancia total, se usa la siguiente fórmula:

$$N = 10^{\left(\frac{G_{Ant\,Tx} - G_{1ant}}{10}\right)}$$

En donde:

- N representa la cantidad de antenas.
- GantTx es la ganancia del sistema de antenas anteriormente calculado.
- G1ant es la ganancia de sólo una antena. El valor de esta ganancia puede ser hallada en los datos técnicos de la antena seleccionada (Figura 13). El valor corresponde a 11.5 dBd.

Reemplazando se obtiene:

$$N = 10^{\left(\frac{12.0436 - 11.5}{10}\right)}$$

$$N = 1.1333$$

La cantidad de antenas debe ser un número entero positivo, por eso, se redondea al entero más próximo, por lo tanto:

$$N = 1$$

Por lo tanto, se necesitará únicamente una antena en cada dirección para lograr la cobertura deseada.

Notas:

- ✓ La ganancia de la antena de recepción es cero debido a que no habrá antena alguna en el PRC.

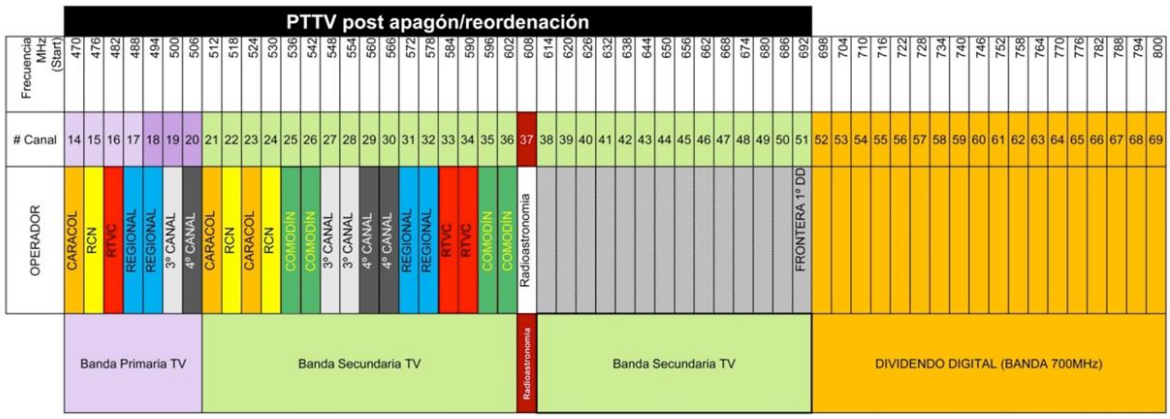
7.6 Estudio de interferencias.

Una de las grandes ventajas que ofrece la implementación de la televisión digital es la capacidad de enviar mucha más información con menor cantidad de ancho de banda (o espectro radioeléctrico) a comparación de la televisión analógica. Para garantizar un uso óptimo del espectro, luego del apagón analógico (cese de emisiones analógicas de televisión) se reorganizarán los canales de con el fin de

asignar un ancho de banda para cada canal y así evitar la interferencia entre canales.

Para implementar un canal de televisión analógica, se requería que en el área a cubrir se realizaran mediciones con un analizador de espectro en distintos puntos para garantizar la llegada de la señal a ese punto, la calidad y detectar si existían interferencias con otras señales. Actualmente, gracias al monitoreo de las entidades estatales enfocados en la vigilancia y control del espectro, y también a la asignación de frecuencias dados en el Plan Técnico de Televisión. (PTTV) [35], ya no hay necesidad de realizar estas mediciones. Un diagrama de la reorganización del espectro puede ser visto en la figura 29.

Figura 29. Reorganización de los canales de televisión según el plan técnico de televisión.



Fuente: *[35]* .

Las bandas de frecuencias que eran usadas usualmente para los canales analógicos, serán usadas para la reorganización de los canales de televisión digital, brindando un nuevo ancho de banda para posibles nuevos canales.

Así al contar con el monitoreo [36] de la ANE, y una licencia de uso dada por la ANTV y gracias a las propiedades de las señales digitales, se garantiza que no habrá interferencias al momento de la puesta en marcha del canal.

7.7 Torre de transmisión.

La necesidad de una estructura que sostenga las antenas para radiar la señal del canal, obliga a la implementación de una torre de transmisión. La ubicación de la torre de transmisión será en la sede central de la Universidad Santo Tomás, se piensa colocar la torre encima de la estructura principal de la universidad. Algunas fotografías de la sede central pueden ser vistas en la figura 31, 32 y 33.

Figura 30. Vista noroccidental de la sede central de la USTA Tunja.

Fuente: Propia.

Figura 31. Vista suroriental de la sede central de la USTA Tunja.

Fuente: Propia.

Figura 32 Vista norte de la sede central de la USTA Tunja.

Fuente: Propia.

Para estimar la altura de la torre se deben tener en cuenta dos parámetros importantes: primero, la altura máxima permitida por la Aeronáutica Civil para evitar que estas torres sean obstáculos para el tránsito aéreo, y segundo, la altura establecida en las simulaciones realizadas por ABE Elettronica.

Para determinar la altura máxima permitida, se consulta el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Tunja. En la sección 6.12.7 del POT llamado "áreas residenciales en amenaza por cercanía del aeropuerto" se especifica*:*

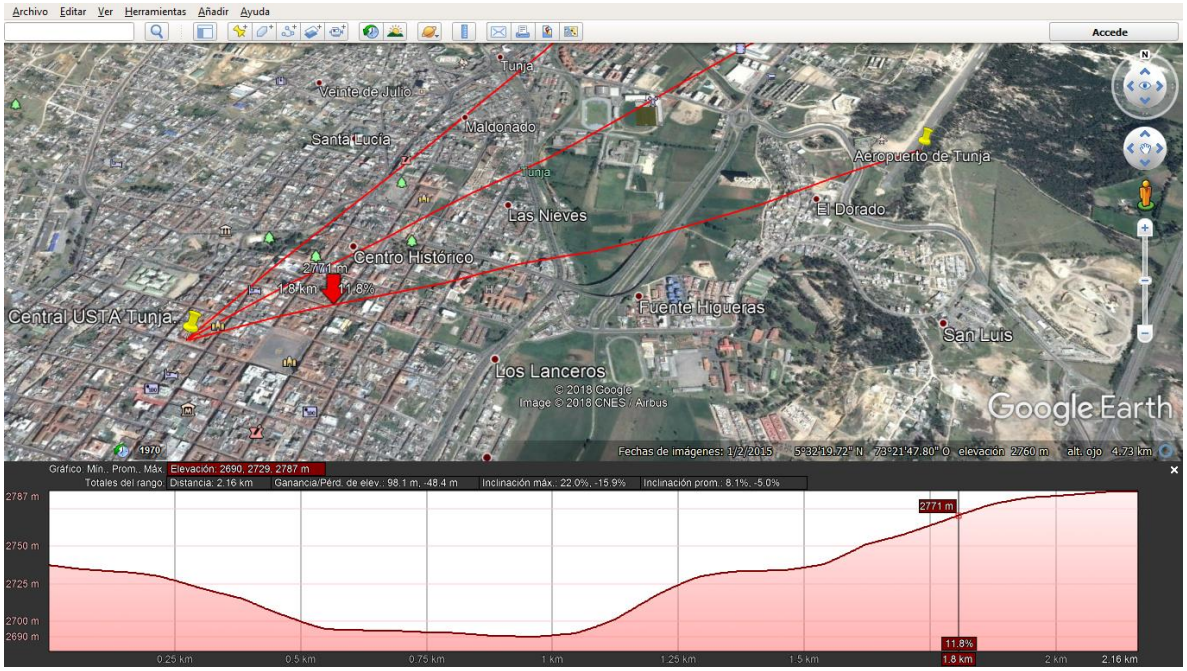
"A 100 metros del eje de la pista y hasta una línea paralela a 200 metros, se autorizarán alturas de 8.75 metros en el borde más cercano al Aeropuerto, hasta 10 metros sobre la cota de 2730 m.s.n.m. A partir de la línea paralela de 200 metros en adelante se autorizará una altura de 25 metros sobre la cota máxima de 2710 m.s.n.m., incluidos tanques de almacenamiento de agua, antenas parabólicas y de televisión o cualquier otro objeto que pueda afectar el normal funcionamiento del aeropuerto de Tunja." [5]

En otras palabras, las alturas permitidas por la Aeronáutica Civil en la ciudad de Tunja dependen de la distancia que esté la estructura a instalar del aeropuerto. Con la herramienta regla del software Google Earth, se podrá establecer la distancia

[5] Alcaldía de Tunja. Áreas residenciales en amenaza por cercanía al aeropuerto. Usos del Suelo. Plan de ordenamiento Territorial de Tunja. [48]

existente entre el aeropuerto y la ubicación de la torre de transmisión. El perfil de elevación y la distancia hallada pueden ser visualizadas en la Figura 33.

Figura 33. Perfil de elevación entre la sede central de la USTA Tunja y la pista principal del Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla.



Fuente: Propia.

El perfil de elevación muestra que la distancia entre la sede central de la USTA Tunja y la pista principal del Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla de Tunja es de 2,16 Km. Por lo tanto, la instalación de una torre de transmisión en la sede central cumplirá las exigencias establecidas por la Aeronáutica Civil.

Con respecto al segundo parámetro, se tiene en cuenta la simulación del perfil de línea de vista para el enlace microondas; esta puede ser consultada en el Anexo A. Cómo las antenas de radiación del canal compartirán la misma torre de transmisión con las antenas del enlace de microondas, la altura establecida en esta simulación también fue tenida en cuenta en la simulación de la cobertura de la señal.

Esa información puede ser visualizada en la Figura 34.

Figura 34. Parámetros del transmisor de la simulación de línea de vista del enlace de microondas.

Transmitter

Name : Campus Universidad Santo Tomás
Longitude : -73°20'40.23"
Latitude : 5°33'2.30"
Transmitter ground level (m) asl : 2685.6
Transmitter height (m) agl : 30.0
Power (W): 1.00
Frequency (MHz): 10000.000
Gain (dBd) : 30.00
Additional attenuations(dB) : 0.1

Fuente: Anexo A.

La altura del transmisor mostrada en la figura 26 está descrita con un acrónimo agl que viene del inglés *above ground level*, que significa *sobre el nivel del suelo* en español. Esto quiere decir que esta altura define la distancia de las antenas con respecto al suelo. Para estimar la altura de la torre, restamos la altura del transmisor con la altura del edificio de la sede central. La estimación es descrita en la Tabla 6.

Tabla 6. Estimación de la altura de la torre de transmisión.

Alturas	Distancia (m)
Altura agl	30
Altura edificio	13,5
Altura torre	**16,5**

Fuente: Propia.

Por lo tanto, se implementará una torre de transmisión con altura de 16 metros.

Se envió esta información a varias compañías constructoras de torres de comunicaciones. Una de estas compañías consultadas fue CMA Ingeniería y construcción S.A.S, en donde ofrecen una torre autosoportada de 16 m de sección (1.5 x 1.5) m. La oferta dada por la compañía consiste en el Diseño y calculo estructural, planos de taller, suministro, fabricación, galvanizado en caliente, transporte, montaje y pintura de la torre autosoportada cuadrada de 16m sección (1.5x1.5) m para la instalación de 6 antenas de comunicación de 90 kg y para una velocidad de viento de 120 km/h.

La descripción en detalle de la oferta podrá ser vista en el Anexo A.

El costo de la oferta dada por la compañía CMA Ingeniería y construcción S.A.S, es de:

$$Precio\ torre\ de\ transmisión = \$67.994.703$$

8 ESTUDIO DEL ENLACE SATELITAL.

8.1 Selección de frecuencia del enlace.

Para realizar el estudio del enlace satelital del canal, se debe inicialmente seleccionar un satélite en funcionamiento, que preste servicio para transmitir canales de televisión digital y que algunos canales de televisión del país lo usen para transmitir su señal. Para esto, la página Web Lyngsat ofrece información de los satélites en funcionamiento clasificándolos según la región en el mundo en el que brindan el servicio [37]. En la figura 35, se observa distintos canales colombianos de televisión con el respectivo satélite usado.

Figura 35. Algunos canales colombianos con su correspondiente satélite. Información brindada por la página LyngSat.com

LyngSat

Free TV from Colombia

Main | Asia | Europe | Atlantic | America | Headlines | Search | Launches

Free TV: Pacific | Asia | Middle East | Europe | Africa | South America | North America

Free TV | Free Radio | Stream TV | Stream Radio

Colombia

Latest World additions:
171123: FilmUaCtion on Astra 4A
171123: Mir +4 on Astra 5B
171123: Muzika on Astra 5B
171123: Ala Too 24 on Astra 5B
171123: Centralnoe TV on ABS 2A
171123: El TR on Astra 5B
171123: Sansha TV on ChinaSat 10
171123: Ilim Bilim on Astra 5B

The EIRP values are for Bogotá, Colombia

Logo	Channel Name	Position	Satellite	Beam	EIRP
	Avivamiento TV	40.5°W	SES 6	Hemi	34-36
			LyngSat Stream		
	Cable Noticias	40.5°W	SES 6	Hemi	34-36
			LyngSat Stream		
	Cali TV		LyngSat Stream		
	Canal 1	40.5°W	SES 6	Hemi	34-36
			LyngSat Stream		
	Canal 4		LyngSat Stream		
	Canal Antiestrés	40.5°W	SES 6	Hemi	34-36
	Canal Capital	40.5°W	SES 6	Hemi	34-36
			LyngSat Stream		

Fuente: *[37]*.

Cómo se puede observar, varios canales colombianos usan el satélite SES-6. El satélite SES-6 ofrece su servicio para la transmisión de canales de televisión en América Latina y el Caribe. Es un satélite de órbita geoestacionaria (órbita geosíncrona con el plano ecuatorial terrestre) y se encuentra a una longitud de 40.5°W, además, posee 43 frecuencias en la banda C (4 – 8 GHz) y 48 en la Banda Ku (12 – 18 GHz). En la figura 36, se observa distintos canales colombianos de televisión con el respectivo satélite usado.

Figura 36. Tabla de frecuencias asignadas para los canales de televisión que usan el satélite SES-6.

LyngSat

SES 6 at 40.5°W

Europe | Main | Atlantic | Atlantic P | Atlantic HD | Atlantic | UHD | Headlines | Launches | America

37.4°W <C> 43.1°W | HD | SatTracker | LyngSat Maps | 37.6°W <Ku> 43.1°W

Azimuth & elevation in Bogotá, Colombia: 97.0° & 50.7°
The EIRP values are for Bogotá, Colombia

SES 6 © LyngSat, last updated 2017-11-24 - https://www.lyngsat.com/SES-6.html

Frequency Beam EIRP (dBW)		Provider Name Channel Name		System Encryption	SR-FEC SID-VPID	ONID-TID C/N lock APID Lang.	Source Updated
3627 L tp 52 Hemi 34-36		AgroBrasil TV	F S	DVB-S2 MPEG-2	2787-3/5 8PSK 1 - 256	0-1 5.5 258 P	N Schlammer 160410
3628 R tp 51 Hemi 34-36		TV União Fortaleza	F S	DVB-S	2170-3/4 1 - 337	0-1 5.5 340 P	Onacila 130626
3630 L tp 52 Hemi 34-36		Canal 21 (Argentina)	F	DVB-S	2222-3/4 21 - 25.	1-1 5.5 258 Sp	Onacila 141122
3637 L tp 52 Hemi 34-36		Maya TV	F	DVB-S	1855-3/4 1 - 4001	1-1 5.5 4002 Sp	R Cattapan 101016
3639 L tp 52 Hemi 34-36		[Suram test card]		DVB-S2 MPEG-4	1250-3/4 8PSK - - 258	-.- 7.9 259	Drhans-tv 171109
3641 R tp 51 Hemi 34-36		CMB TV	F S	DVB-S	2666-3/4 100 - 100	1-0 5.5 110 Sp	Drhans-tv 161113
3641 L tp 52 Hemi 34-36		(feeds)		DVB-S2	2788-? 8PSK		R Cattapan 131110
3644 L tp 52 Hemi 34-36		TV Nazaré	F S	DVB-S	2532-3/4 100 - 100	1-0 5.5 110 P	Onacila 141122

Fuente: *[37]*

Cómo se pudo ver en la figura 36, la frecuencia de 3641 MHz no está en uso. A partir de esta frecuencia y de la información del satélite, se realizarán los cálculos teóricos de un enlace satelital para el canal.

8.2 Cálculos teóricos del enlace satelital.

8.2.1 Ubicación de la estación terrena.

Al inicio del estudio de radiación asignamos la sede principal de la USTA en Tunja cómo el punto de transmisión. Las coordenadas del sitio son las siguientes:

$$Longitud = 73°21'49.40"O$$

$$Latitud = 5°31'57.96"N$$

Convirtiendo estas coordenadas a grados se tiene:

$$Longitud = 73.363611° = \phi_r$$

$$Latitud = 5.532777° = \theta_r$$

8.2.2 Diferencia de longitudes.

El cálculo inicial es la diferencia de longitudes lo cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$\phi_d = \phi_s - \phi_r$$

En donde:

- Φd es el ángulo de diferencia de las longitudes.
- Φs es la longitud del satélite.
- Φr es la longitud de la estación terrena.

Reemplazando valores se obtiene:

$$\phi_d = 40.5° - 73.3636°$$

$$\phi_d = -32.8636°$$

8.2.3 Ángulo de variación.

El cálculo del ángulo de variación nos servirá para hallar el ángulo de elevación de la antena y el azimut. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$x = \cos^{-1}(\cos\theta_r \ \cos\phi_d)$$

Donde x es el ángulo de variación. Reemplazando se obtiene:

$$x = \cos^{-1}(\cos(5.5327°) \ * \cos(-32.8636°))$$

$$x = 33.2744°$$

8.2.4 Ángulo de elevación.

Se refiere al ángulo de elevación de la antena con respecto a la superficie terrestre. Se expresa en la siguiente ecuación:

$$Elv = Tan^{-1}\left(\frac{1}{tan(x)} - \frac{r}{r+h} * \frac{1}{sen(x)}\right)$$

En donde:

- Elv es el ángulo de elevación.
- X es el ángulo de variación.
- r es el radio del planeta tierra que es 6378 Km.
- h es la distancia teórica entre la superficie terrestre y el satélite y equivale a 35787 Km.

Reemplazando se obtiene:

$$Elv = Tan^{-1}\left(\frac{1}{tan(33.2744°)} - \frac{6378}{6378 + 35787} * \frac{1}{sen(33.2744°)}\right)$$

$$Elv = 51.303°$$

8.2.5 Azimut.

El azimut de una antena se refiere al ángulo de apuntamiento horizontal. La referencia del azimut es el Norte, por lo tanto, una antena que apunta hacia el norte tiene un azimut de 0°. Siguiendo el sentido de las manecillas de reloj, al mirar al este, la antena tendrá un azimut de 90°, al apuntar al sur tendrá un azimut de 180°, al apuntar al oeste tendrá un azimut de 270° y finalmente al llegar de nuevo al norte habrá dado la vuelta completa lo cual corresponde a un ángulo de 360°. La ecuación para hallar el azimut a la cual debe colocarse la antena es la siguiente:

$$\phi' = Tan^{-1}\left(\frac{Tan \ \phi_d}{Sen \ \theta_r}\right)$$

El valor de este ángulo depende de la latitud de la estación terrena y del ángulo de diferencia de las longitudes. Reemplazando se obtiene:

$$\phi' = Tan^{-1}\left(\frac{Tan(-32.8636°)}{Sen\,(5.5327°)}\right)$$

$$\phi' = -81.5117°$$

La ubicación del satélite con respecto a la estación terrena cambiará la referencia con la que se asume el azimut. La estación terrena está ubicada al norte y al oeste del satélite, por esta razón, al ángulo hallado se le suma 180°.

$$Az = 180\,^{o} + \phi'$$

$$Az = 98.4883°$$

8.2.6 Distancia real.

Para hallar la distancia real entre la estación terrena y el satélite se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$d = h\sqrt{1 + 0.42(1 - \cos\theta_r * \cos\phi_d)}$$

Reemplazando:

$$d = 35787\sqrt{1 + 0.42(1 - cos(5.53277°)\ *\ cos(-32{,}8636°))}$$

$$d = 36998.606\ Km$$

Atenuación del espacio libre.

Se usa la misma ecuación mostrada en el estudio de radiación:

$$\alpha_{0(dB)} = 32.4 + 20\log f_{(MHz)} + 20\log D_{(Km)}$$

Reemplazando:

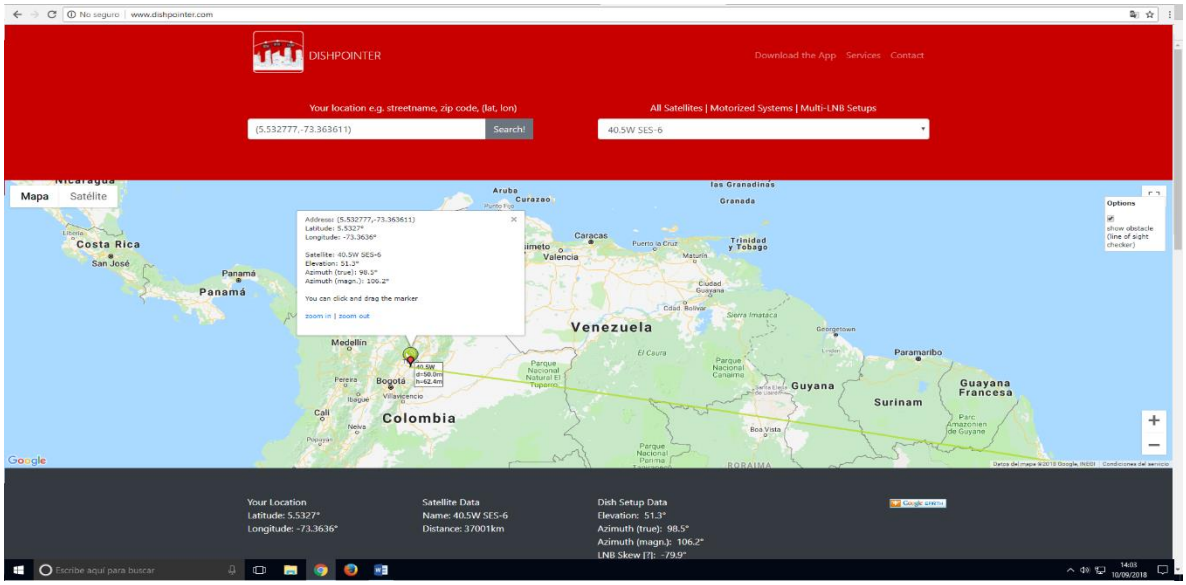
$$\alpha_0 = 32.4 + 20\log(3641\ Mhz) + 20\log(\ 36998.606\ Km)$$

$$\alpha_0 = 194.988\ dB$$

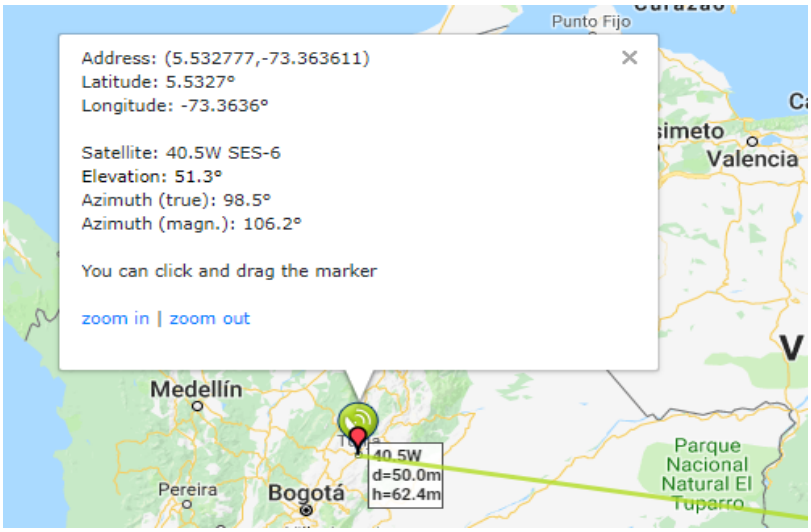
8.2.7 Verificación del enlace satelital.

Para confirmar que los cálculos realizados son los correctos, se usó la página web Dishpointer [38]. Esta página realiza los cálculos necesarios para cualquier enlace satelital en cualquier ubicación del planeta. Los datos arrojados por la página se ven en la figura 37.

Figura 37. Datos arrojados por el Dishpointer.



Fuente: *[38]*



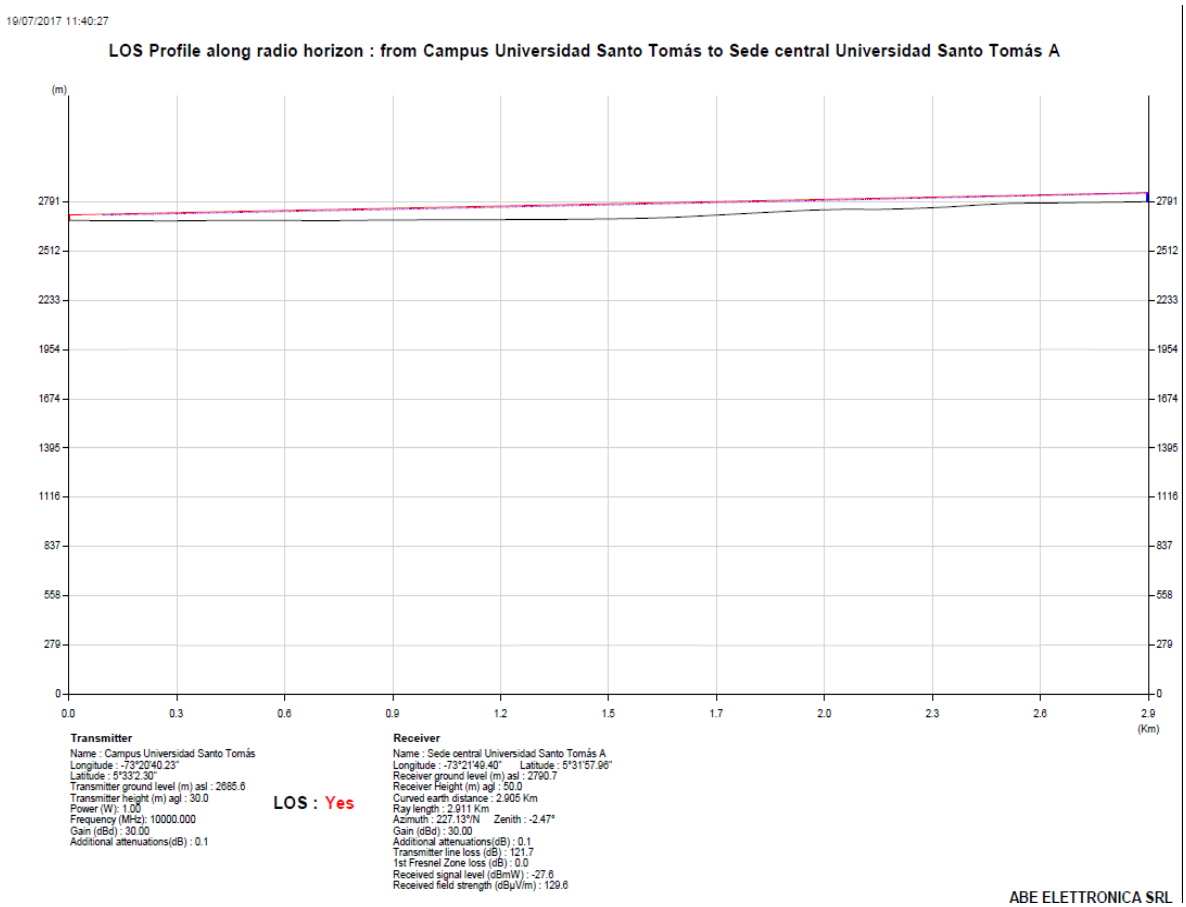
Fuente: *[38]*

Los datos obtenidos son bastante cercanos a los calculados, verificando correctamente esta información y el diseño teórico del enlace satelital.

9 ESTUDIO DEL ENLACE DE MICROONDAS.

Los dos puntos que se desean comunicar entre sí con este enlace de microondas son las dos sedes de funcionamiento de la Universidad Santo Tomás en Tunja: la sede principal y el campus. Al enviar esta información al proveedor de equipos ABE Elettronica, este nos brindó una predicción preliminar de cobertura del enlace en donde se obtuvieron resultados positivos de una línea de vista adecuada para el enlace. La línea de vista (Line of Sight L.O.S en inglés) corresponde a la trayectoria de una onda electromagnética desde el punto en que se emite y hasta donde deba ser recibida la onda. No existe línea de vista si existe algún obstáculo entre el emisor y el receptor de la señal. La gráfica de esta predicción se puede ver en la figura 38.

Figura 38. Perfil de la línea de vista (LOS) entre los dos puntos del enlace de microondas.



Fuente: Anexo A.

Cómo lo indica la figura 38, sí hay línea de vista entre los dos puntos establecidos y si es posible un enlace de microondas sin que haya obstáculos que lo interfieran.

9.1 Selección de frecuencia del enlace.

Para seleccionar la frecuencia de trabajo del enlace es necesario consultar el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia (CNABF) [39]. Este cuadro nos brinda la información sobre todos los servicios que se les atribuyen a las distintas bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico en el país. El CNABF así mismo brinda información sobre cómo se realiza la distribución de los canales para la banda SHF (Super High Frequency 3 – 30 GHz), banda de frecuencias de las microondas. A partir de lo anterior, el CNABF posee tablas anexas que muestran el plan de distribución de canales para gran parte de la banda de microondas. En las tablas indican la distribución de una banda específica a partir de un ancho de banda del canal deseado y una distancia de enlace mínima. Un ejemplo de estas tablas, la tabla 83 [40], puede ser vista en la figura 39.

La distancia del enlace es de 2.92 Km que corresponde a la distancia entre las dos sedes de funcionamiento de la USTA en Tunja: la sede principal y el campus. Esta distancia puede ser verificada en la figura 4. La tabla 84 [41] muestra el plan de distribución de canales para la banda de 18 GHz (17700 – 19700 MHz). Este plan de distribución no requiere de una distancia mínima recomendada, por lo cual, éste puede servir para la realización del enlace microondas. La tabla puede ser observada en la figura 40.

A partir de esta información, se asigna el canal 1 de esta distribución cómo el canal para el enlace microondas, por lo cual, la frecuencia de la señal del enlace será de 17704.75 MHz.

9.2 Cálculos teóricos del enlace de microondas.

9.2.1 Ganancia del sistema.

Es la diferencia entre la potencia nominal de salida de un transmisor, y la potencia de entrada mínima requerida por un receptor. La ganancia del sistema debe ser mayor o igual a la suma de todas las ganancias y pérdidas incurridas por la señal al propagarse de un transmisor a un receptor. En esencia, representa la pérdida neta de un sistema de radio. La ecuación de la ganancia[6] del sistema es:

$$G_s = P_t - C_{min}$$

[6] Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 2003, pag. 792. [17]

Figura 39. Plan de distribución de canales banda de 15 GHz (Tabla 83 de las tablas anexas del CNABF).

TABLA 83

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES BANDA DE 15 GHz (14400 - 15350 MHz)
REC. UIT-R F.636-4 RECOMIENDA 1
ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 28 MHz
DISTANCIA MÍNIMA RECOMENDADA DE ENLACE (km): 5,13

$$fn = fr + 2786 + 28n \ \ MHz$$
$$fn' = fr + 3626 - 28(15 - n) \ \ MHz$$
$$n = 1, 2, 3, \ldots \text{ o } 15$$

fr = 11701,0 MHz			
Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
1	14515,00	1'	14935,00
2	14543,00	2'	14963,00
3	14571,00	3'	14991,00
4	14599,00	4'	15019,00
5	14627,00	5'	15047,00
6	14655,00	6'	15075,00
7	14683,00	7'	15103,00
8	14711,00	8'	15131,00
9	14739,00	9'	15159,00
10	14767,00	10'	15187,00
11	14795,00	11'	15215,00
12	14823,00	12'	15243,00
13	14851,00	13'	15271,00
14	14879,00	14'	15299,00
15	14907,00	15'	15327,00

Fuente: *[40]*

Donde:

- Gs es la ganancia del sistema.
- Pt es la potencia de salida del transmisor.
- Cmin es la potencia mínima de entrada al receptor.

Y así mismo:

$$G_s = P_t - C_{min} \geq f_m + L_p + L_f + L_b - A_t - A_r \qquad (5)$$

Figura 40. Plan de distribución de canales de banda de 18 GHz (Tabla 84 de las tablas anexas del CNABF).

TABLA 84

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES BANDA DE 18 GHz (17700 - 19700 MHz)
REC. UIT-R F.595-10 INCISO B DEL ANEXO 5
ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 3,5 MHz

$$f_n = f_0 - 998{,}75 + 3{,}5\,n \ \ MHz$$
$$f_n' = f_0 + 11{,}25 + 3{,}5\,n \ \ MHz$$
$$n = 1,2,3,\ldots, 37$$

f_0 = 18700,0 MHz			
Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
1	17704,75	1'	18714,75
2	17708,25	2'	18718,25
3	17711,75	3'	18721,75
4	17715,25	4'	18725,25
5	17718,75	5'	18728,75
6	17722,25	6'	18732,25
7	17725,75	7'	18735,75
8	17729,25	8'	18739,25
9	17732,75	9'	18742,75
10	17736,25	10'	18746,25
11	17739,75	11'	18749,75
12	17743,25	12'	18753,25
13	17746,75	13'	18756,75
14	17750,25	14'	18760,25
15	17753,75	15'	18763,75
16	17757,25	16'	18767,25
17	17760,75	17'	18770,75
18	17764,25	18'	18774,25
19	17767,75	19'	18777,75

f_0 = 18700,0 MHz			
Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
20	17771,25	20'	18781,25
21	17774,75	21'	18784,75
22	17778,25	22'	18788,25
23	17781,75	23'	18791,75
24	17785,25	24'	18795,25
25	17788,75	25'	18798,75
26	17792,25	26'	18802,25
27	17795,75	27'	18805,75
28	17799,25	28'	18809,25
29	17802,75	29'	18812,75
30	17806,25	30'	18816,25
31	17809,75	31'	18819,75
32	17813,25	32'	18823,25
33	17816,75	33'	18826,75
34	17820,25	34'	18830,25
35	17823,75	35'	18833,75
36	17827,25	36'	18837,25
37	17830,75	37'	18840,75

Fuente: *[41]*

Donde:

- Fm es el margen de desvanecimiento.
- Lp es la pérdida en trayectoria por espacio libre entre las antenas.
- Lf es la pérdida entre la red de distribución y la antena respectiva.

- Lb es la pérdida total por acoplamiento o por ramificación en los circuladores.
- At es la ganancia de la antena de transmisión
- Ar es la ganancia de la antena de recepción.

9.2.2 Margen de desvanecimiento.

Es un "factor ficticio" que se tiene en cuenta en la ganancia del sistema para tener en cuenta las características no ideales y menos predecibles de la propagación de la señal, esto se debe a que la poca longitud de onda de las señales de microondas hace que ocurran fenómenos de difracción, refracción y reflexión que pueden causar que la señal no llegue adecuadamente al punto de recepción. El margen de desvanecimiento se expresa con la siguiente ecuación:

$$f_m = 30\log(D) + 10\log(6 * A * B * f) - 10log(1 - R) - 70$$

Donde:

- D es la distancia del enlace [Km].
- f es la frecuencia de la señal del enlace [GHz].
- R es el factor de confiabilidad del sistema (sistema ininterrumpido = 99.99%)
- A es el factor de rugosidad o aspereza. Los valores de este factor están descritos en tabla 5.

Tabla 7. Valores del factor de rugosidad.

4	Sobre agua o sobre un terreno muy liso
1	Sobre un terreno promedio
0,25	Sobe un terreno muy áspero y montañoso

Fuente: [7]

- B es el factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual. Los valores de este factor se describen en la tabla 6.

Tabla 8. Valores del factor de conversión de probabilidad.

1	Para convertir una disponibilidad anual a la peor base mensual
0,5	Para áreas calientes o húmedas
0,25	Para áreas continentales promedio
0,125	Para áreas muy secas o montañosas

Fuente: [8]

[7] Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 2003, pag. 785. [17]
[8] Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 2003, pag. 786. [17]

Reemplazando:

$$f_m = 30\log(2.92) + 10\log(6 * 1 * 0.125 * 17.704) - 10log(1 - 0.99) - 70$$

$$f_m = -24.807\ dB$$

9.2.3 Atenuación del espacio libre.

Se usa la misma ecuación del estudio de radiación para frecuencias expresadas en GHz.

$$L_p = 92{,}4 + 20\log(D) + 20\log(F)$$

Reemplazando:

$$L_p = 92{,}4 + 20\log(2.92) + 20\log(17.704)$$

$$L_p = 126.669\ dB$$

9.2.4 Perdidas por ramificación.

Se refiere a las pérdidas por la distribución de la potencia en distintas antenas y trayectorias. El enlace se compone de una única antena apuntando a una única trayectoria, por lo tanto:

$$L_b = 1\ antena + 1\ trayectoria$$

$$L_b = 2\ dB$$

9.2.5 Perdidas en la red de distribución.

Es la pérdida que ocurre en la línea de transmisión entre el transmisor y la antena. Al igual que con la línea de transmisión que se escogió para la radiación, se encontró un cable usado para enlaces de microondas. El cable es creado también por la empresa Commscope y su referencia es EWP180-180, HELIAX® Premium Elliptical Waveguide, 17.7–19.7 GHz, unjacketed [42]. Una imagen de este cable puede ser visto en la figura 35.

Figura 41. Descripción del cable EWP180-180, HELIAX® Premium.

35409-21

EWP180-180, HELIAX® Premium Elliptical Waveguide, 17.7–19.7 GHz, black non-halogenated, fire retardant polyolefin jacket

Fuente: *[42]*

Los datos de atenuación del cable muestran una atenuación de 20.111 dB/100m a una frecuencia de 17.7 GHz. Si suponemos una distancia de 50 m entre el transmisor y la antena, la pérdida en la red de distribución será:

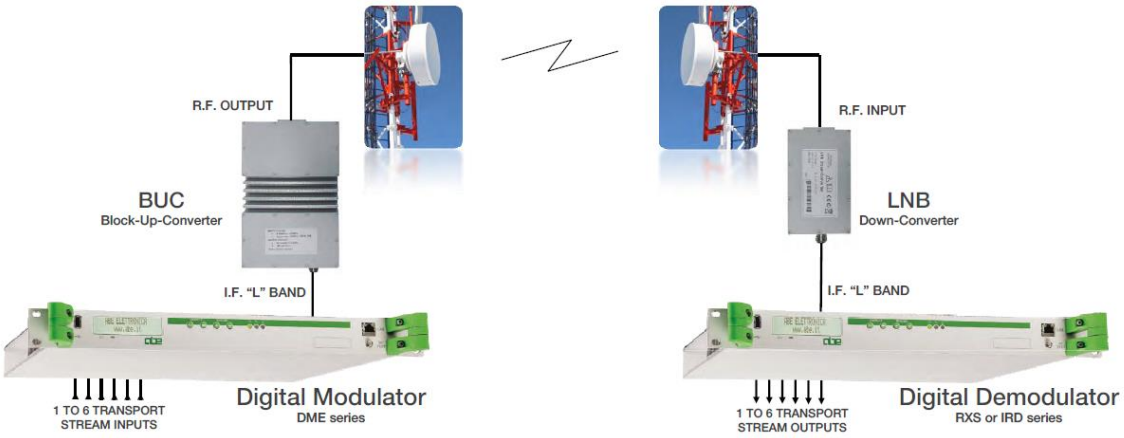
Atenuación del cable (dB)	Distancia (m)
10,311	100
X	50

$$L_f = 5{,}15dB$$

Ganancia de las antenas de transmisión y recepción.
Se tendrá en cuenta los equipos sugeridos por la empresa ABE Elettronica para establecer el tipo de antena a usar en el enlace y así mismo su respectiva ganancia.

El enlace propuesto por la compañía consta de un modulador digital, un demodulador, un bloque de transmisión (Block up converter (BUC)), un bloque de recepción (Down converter), y dos antenas parabólicas. Un esquema de esta propuesta puede ser visualizada en la Figura 42.

Figura 42. Esquema general del enlace microondas propuesto por ABE Elettronica.



Fuente: *[43]*

En las especificaciones técnicas de la antena de la figura 43, se puede detallar la ganancia.

Figura 43. Especificaciones técnicas de la antena parabólica para el enlace microondas.

Input impedance and connector:	50Ω / "N" female or waveguide, according to frequency range
IF ("L" Band) output impedance / connector:	50Ω / N female
Gain:	30 to 35dB (max. typical gain)
Noise figure:	1.2dB (typical)
Power supply:	12 to 18V DC through IF cable

Fuente: *[43]*

Se asume la ganancia típica, que en este caso es de 35dB, por lo tanto:

$$A_t = A_r = 35\ dB$$

Cálculo de la ganancia del sistema.

Reemplazamos en la ecuación (5) todos los datos hallados:

$$G_s \geq -24.807\ dB + 126.669\ dB + 5.15\ dB + 2\ dB - 35\ dB - 35\ dB$$

$$G_s \geq 39.012\ dB$$

Umbral de recepción.

Se refiere a la sensibilidad de la entrada del receptor para que produzca una salida útil. Este umbral depende de la potencia del ruido en la entrada. La ecuación que describe el umbral es el siguiente:

$$N(dBm) = -14dBm + 10\ log(\mathrm{B})$$

Donde B es el ancho de banda del ruido. Se estima un ruido de 20MHz, un ancho de banda común en los ruidos que se presentan en los enlaces microondas[9], por lo tanto:

$$N(dBm) = -84dBm + 10\ log(20 * 10^6 Hz)$$

$$N(dBm) = -84dBm + 73.01dB$$

$$N(dBm) = -10.99\ dBm$$

[9] Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. 2003, pag.785. [17]

Potencia mínima de entrada al receptor.

Está definida por:

$$C_{mín} = \frac{C}{N} + N$$

A partir de la figura 43, el factor de ruido (C/N) descrito en inglés cómo *noise figure* es de 1.2 dB

Reemplazando se obtiene que:

$$C_{mín} = 1.2\ dB + (-10.9\ dBm)$$

$$C_{mín} = -9.79\ dB$$

Potencia total del sistema

Finalmente, a partir de la ecuación de la ganancia del sistema se puede calcular la potencia total requerida del sistema de microondas.

$$G_s = P_t - C_{min}$$

Despejando la potencia:

$$P_t = C_{min} + G_s$$

Reemplazando:

$$P_t = -9.79\ dB + 39.012\ dB$$

$$P_t = 29.222 dB$$

Y convirtiendo esta potencia en watts:

$$P_t = 0.8359\ \mathrm{W}$$

10 COTIZACIONES.

10.1 Equipos para la transmisión

Luego de obtener todos los cálculos teóricos, el paso a seguir es enviar esta información a varias compañías de venta de equipos para radiodifusión. Inicialmente se tiene la cotización de los equipos tenidos en cuenta en los cálculos teóricos por la compañía ABE Elettronica que puede ser consultada en el Anexo C.

Se obtuvieron otras tres cotizaciones de las siguientes compañías: SYES América, EGATEL y ATG S.A.S. La cotización de la compañía EGATEL puede ser consultada en el Anexo D, la cotización de la compañía SYES América puede ser consultada en el Anexo E y la cotización de la compañía ATG S.A.S. puede ser consultada en el Anexo F.

A partir del análisis de estas cotizaciones, se realiza una matriz de calificación de los proveedores potenciales. Los factores analizados se obtienen a partir de la información entregada en las cotizaciones, estas pueden ser vistas en los Anexos. La matriz puede ser visualizada en la tabla 9.

Tabla 9. Matriz de calificación de proveedores potenciales.

	PROVEDORES POTENCIALES				EVALUACIÓN			
ITEMS A EVALUAR	SYES AMERICA	ABE	EGATEL	ATG	SYES AMERICA	ABE	EGATEL	ATG
COSTO	$130.135.000	$123.592.713,65	$113.619.064,94	$154.367.990,00	15%	30%	55%	10%
MODO DE PAGO	50 % orden 25% Antes de Envío 25% Entrega	30% Orden 70% de acuerdo a facturación	50 % orden 30% Antes de Envío 20% Entrega	40% Orden 30% Antes de envio 30% Entrega	20%	60%	20%	40%
ENTREGA	30/ 60 Días	30/60 días	30/60 días	30/60 días	33%	33%	33%	33%
TIEMPO DE GARANTIA	3 años	5 años	3 años	4 años	20%	60%	20%	40%

Fuente: Propia.

A partir de la calificación obtenida por cada uno de los proveedores, se escoge a ABE Elettronica cómo el proveedor potencial para el resto del desarrollo del estudio. La cotización de los equipos para el enlace de microondas puede ser vista en la figura 44.

Figura 44. Cotización de los equipos para el enlace de microondas de ABE Elettronica.

pos	code/model	Description	Q.ty	unit price (€ euro)	extended price (€)
1	DML7	STL Digital Link, 5.7GHz-to-18.6GHz in sub bands of 500MHz (agile - steps 100KHz); 1Video/2Audio/SDI; parabolic antennas D.70cm included			
		TX			
1.1	DME5010	MPEG-4/H264 SD + Full HD Audio/Video Encoders; 1Video + 2 mono Audio (one stereo pairs) DVB-S/S2 Modulator QPSK/8PSK/16PSK /32APSK constellations, IF 950 to 1750MHz output, non linear-precorrection; 19" 1U rack drawer; 90-to-260V AC	1	4.800,00	4.800,00
1.2	HM-PSU24/2°	PSU VDC +24V 2APSU, housed in DME (for BUC)	1	150,00	150,00
1.3	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
1.4	BUC7-1W0	Transmitter 5.7 to 18.6GHz, in sub-bands of 500MHz (BUC – Block UP Converter), L-Band input; RF 1W@c.p., VDC by IF cable	1	1.950,00	1.950,00
1.5	DML-BWS	Bracket + Fibreglass weathershield	1	235,00	235,00
1.6	CF393-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.7	A/P70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.8	A/I7-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.9	A/RA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00
		RX			
1.10	A/P70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.11	A/I7-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.12	A/RA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00
1.13	CF393-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.14	LNB7-PLL	Receiver 5.7-to-8.7GHz, in sub bands of 500MHz (LNB – Low Noise Block downconverter - PLL), "L Band" output; VDC by IF cable	1	950,00	950,00
1.15	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
T 1		Total pos.1			10.205,00

Fuente: Anexo C.

La cotización de los equipos para la radiación y transmisión del canal puede ser visto en la figura 45.

Figura 45. Cotización de los equipos para la radiación de ABE Elettronica.

pos	code/model	Description	Q.ty	unit price (€ euro)	extended price (€)
2		Transmitter 400W DVB-T2			
		option: DVB-S/S2 receiver (ref. microwave link system pos.1)			
2.1	HB-S2	DVB-S/S2 multistream Receiver Demodulator card (QPSK,8PSK, 16APSK, 32APSK); L-band input (housed in MTX exciter)	1	500,00	500,00
		TX400W			
2.2	MTXD400/U_T2	400W rms DVB-T2 UHF TV Transmitter (Compact Version), with I&Q Direct Digital Synthesis (DDS) Modulator, double ASI input. Remote control LAN interface (Web server, e-mail client & SNMP); 19" 3UR	1	12.000,00	12.000,00
2.3	HB-AP	option UHF Adaptive non-linear precorrection	1	500,00	500,00
		Output filter			
2.4	HF-U600/6	Output Filter 6C, UHF 600W, including interconnections & support	1	1.620,00	1.620,00
		Rack cabinet			
2.5	HR-15U	19" 15U Rack Cabinet, complete with slides, automatic mains breaker, wiring, front/rear panels and interconnecting cables	1	1.350,00	1.350,00
2.6	HR-SC	Surge Controller (one phase)	2	115,00	230,00
T2		Total pos.2			16.200,00

Fuente: Anexo C.

La cotización del arreglo de antenas de 12 paneles UHF puede ser vista en la figura 40.

Figura 46. Cotización de las antenas.

pos	code/model	Description	Q.ty	unit price (€ euro)	extended price (€)
		Antenna system			
		12 panels			
5	RS-U2/16	UHF Broadband Antenna system with 12 (twelve) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	8.280,00	8.280,00

Fuente: Anexo C.

El precio del cable necesario entre la antena y el transmisor puede ser consultado en la tabla 10, teniendo en cuenta el precio[10] del dólar del día 15 de marzo del 2019, donde el valor del dólar es de $3.121 COP.

Tabla 10. Valor total del cable a utilizar en el canal.

Referencia Cable	Precio por pie	Cantidad de metros	Total
FSJ4-50B	$ 3,99	100	$ 82,23
Total precio cable en pesos.		**$ 256.629,11**	

Teniendo en cuenta la tasa de cambio del euro para el 15 de marzo de 2019 donde el valor del euro es de $3538.29 COP, el precio total de las tres cotizaciones más el precio del cable es de:

$$Precio\ transmisión: \$122.982.217{,}76$$

10.2 Equipos para la producción.

Para la cotización de equipos de producción de contenido del canal, se obtuvo únicamente una cotización por parte de la Compañía Comercial de Curaçao de Colombia S.A. La cotización original de los equipos puede ser visualizado en el Anexo G.

Estos equipos le brindan al canal adaptarse al estándar DVB-T2, y también poder trasmitir su señal vía Streaming por internet, así como todo un control de video, audio, equipos para la comunicación entre los camarógrafos, directores y otros operadores, y también dispositivos de almacenamiento de información.

Los equipos, la descripción de estos y sus precios son:

Mezclador de producción MCX-500.

[10] FSJ4-50B. *Ham Radio Outlet.* Consultado el 15 de marzo de 2019 de la página web: https://www.hamradio.com/detail.cfm?pid=H0-002196

Figura 47. Mezclador de producción MCX-500.

Fuente: *B&H Photo Video Pro Audio.* Sony MCX-500 4-Input Global Production Streaming/Recording Switcher. Consultado el 20 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1275941-REG/sony_mcx_500_4_input_streaming_switcher.html

El MCX-500 es un mezclador con capacidad de ser controlado manualmente por una pantalla táctil o puede ser controlado de manera remota por un dispositivo conectado a la misma red de este. Puede mezclar, manipular, seleccionar, cortar o agregar efectos tanto a audio cómo video, y tiene la capacidad de realizar streaming vía internet. Maneja formatos de video Full HD con una resolución de 1920x1080p.

Cámara de video profesional HXR-NX5R.

Figura 48. Imagen de la cámara de video profesional HXR-NX5.

Fuente: *B&H Photo Video Pro Audio.* Sony HXR-NX5R NXCAM Professional Camcorder with Built-In LED Light. Consultado el 20 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1275939-REG/sony_hxr_nx5r_nxcam_professional_camcorder.html

Usado para documentales, para empresas, matrimonios, eventos, naturaleza, deportes y reportajes, el NX5R graba en formato NTSC (estándar de televisión analógica usado en su gran mayoría en América del norte y parte de América del sur) a una tasa que puede ir de 23.98 a 59.94 fps (frames per second, que en español significa fotogramas por segundo). También cuenta con conexiones inalámbricas cómo Wi-Fi con la finalidad de poder enviar la información capturada en tiempo real. A pesar de usar formatos antiguos, esto no hace al NX5R una cámara obsoleta, al ser capaz de grabar en el formato Full HD con resolución 1920x1080p a 59.94 fps También puede grabar con la resolución en 720p y 480p.

Monitor Full HD LCD Sony LMD-B 17’’.

Figura 49. Imagen del monitor Sony LMD-B Series17" Full HD LCD.

Fuente: *B&H Photo Video Pro Audio.* Sony LMD-B Series17" Full HD LCD Monitor. Consultado el 20 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1236609-REG/sony_lmd_b170_17_production_video_lcd.html

Diseñado para ser integrado con otros monitores de la misma serie, el LMD-B170 puede ser usado para una gama amplia de aplicaciones profesionales; también tiene la posibilidad de ser montado en la pared y la posibilidad de trabajar con corriente directa (también se puede alimentar con corriente alterna). Así mismo, este monitor de 17 pulgadas también funciona con la resolución Full HD siendo

compatible con varios dispositivos que trabajan este formato, también es un monitor ligero con un chasis robusto que hace que se pueda mover sin gran dificultad y que pueda resistir distintos tipos de contusiones. Posee interfaces de entrada y de salida HDMI y también posee parlantes de sonido estéreo.

Mando a distancia RM-30BP.

Figura 50. Imagen del Mando a distancia RM-30B.

Fuente*: B&H Photo Video Pro Audio.* Sony LMD-B Series17" Full HD LCD Monitor. Consultado el 20 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1275940-REG/sony_rm_30bp_wired_remote_controller.html

El RM-30BP es un control remoto compatible para controlar cámaras cómo el NX5R y el FS7. El control remoto posee funciones de tomas automáticas de la cámara, enfoque manual, y aumento del zoom del lente. También permite el control de la grabación de la cámara, así mismo la velocidad de obturación (cantidad de tiempo en el que está abierto el obturador de la cámara) y el balance de blancos (White balance en inglés que hace referencia al control de los niveles de los colores RGB de las fotografías). Así mismo, es posible asignar 6 botones en el control para así controlar las funciones de hasta 3 cámaras, ya sea individual o simultáneamente.

Audífonos MDR-7506.

Figura 51. Imagen de los audífonos profesionales MDR- 7506

Fuente*: B&H Photo Video Pro Audio.* Sony MDR-7506 Headphones. Consultado el 25 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/spanish/c/product/49510-REG/Sony_MDR_7506_MDR_7506_Headphone.html

Estos audífonos estéreo profesionales son usados principalmente para la grabación de eventos masivos al poder ser capaces de evitar la entrada de todo tipo de ruido o sonido externo gracias a su diseño que encierra la oreja del camarógrafo. Adicionalmente tiene un diseño plegable que hace que sea fácil guardarlo, cárgalo y transportarlo y cuenta con un cable en espiral que permite flexibilidad y movilidad a diferencia de un cable totalmente rígido.

Trípode RS-250DM.

Figura 52, Imagen del trípode RS-250DM.

Fuente*: B&H Photo Video Pro Audio.* Libec RS-250DM Tripod System with Mid-Level Spreader. Consultado el 25 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1148893-REG/libec_rs_250dm_tripod_system_with.html

Estos trípodes están diseñados para soportar cámaras de un peso máximo de trece libras. Su diseño rígido al momento de montaje permite estabilidad y también su diseño plegable permite cargarlo y desmontarlo con facilidad.

Estación Base UHF BTR-800 y Transceptores TR-825.

Figura 53. Imagen de la estación base UHF BTR-800.

Fuente*: B&H Photo Video Pro Audio.* Telex BTR-800 2-Channel UHF Base Station (A4F RTS, E88: 590-608MHz Transmit/470-488MHz Receive). Consultado el 25 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/433912-REG/Telex_71305E88R_BTR_800_2_Channel_UHF_Base.html

La estación Base UHF BTR-800 sería usado para la comunicación interna en la producción del canal. Posee dos canales de anchos de banda 470-488 MHz para transmitir y 590-608 MHz para recibir, con acceso al canal de máximo cuatro transceptores por medio de una comunicación full dúplex. Posee funciones adicionales cómo silenciamiento de ruido por radiofrecuencia, y el procesamiento digital de audio DSP. Los trasceptores usados para comunicarse con la estación base son los **TR-825** que funcionan a las mismas frecuencias de transmisión y recepción.

Figura 54. Imagen de los transceptores TR-825.

Fuente*: B&H Photo Video Pro Audio.* Telex TR-825 Transceptor UHF biauricular de 2 canales (A4M Telex, E88: 590-608MHz de recepción / 470-488MHz de transmisión).Consultado el 25 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/433914-REG/Telex_71381E88_TR_825_2_Channel_UHF.html

Unidad de disco ODS-D280U y discos regrabables ODC-1200RE.

Figura 55. Imagen de la unidad de disco ODS-D280U.

Fuente*: B&H Photo Video Pro Audio.* Sony Optical Disc Archive Stand-Alone Drive (Gen 2). Consultado el 25 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1272860-REG/sony_odsd280u_optical_disc_archive_gen.html

Esta unidad de disco puede leer casi todas las generaciones de discos compactos usados a lo largo de los últimos 50 años. La unidad permite admitir un único disco con capacidad de hasta 3.3 TB y posee velocidades de lectura de 2 GB/s y de escritura de 1 GB/s. Los discos usados en esta unidad de capacidad de 1.2 TB son los ODC1200RE, discos que tienen la gran característica de ser regrabables.

Figura 56. Discos regrabables de 1.2 TB ODC1200RE.

Fuente*: B&H Photo Video Pro Audio.* Sony 1.2TB Rewritable Optical Disc Cartridge. Consultado el 25 de febrero de 2019 en la página web: https://www.bhphotovideo.com/c/product/1010742-REG/sony_odc1200re_archive_cartridge_1_2tb_rewritable.html

El precio de cada equipo mencionado, puede ser consultado en la Tabla 11, teniendo en cuenta que los precios de estos equipos fueron brindados por la Compañía comercial de Curaçao de Colombia el 31 de octubre de 2017, por lo cual, estos precios pueden variar con respecto al tiempo y no corresponder a los precios que puedan tener actualmente.

Tabla 11. Cotización de los equipos para la producción del Canal de TV Digital.

Cotización de equipos de producción por la Compañía Comercial Curaçao de Colombia S.A.					
Referencia	Descripción	Cantidad	Valor/Unidad	Valor Total	Valor en COP
MCX-500	Mezclador de producción.	1	$ 2.759	$ 2.759	7.997.101,44 $
HXR-NX5R	Cámara de video portátil HD Full HD AVCHD / XAVC S con tres sensores Exmor CMOS de 1/2,8 pulgadas, zoom 40x con zoom de imagen nítida y conexión inalámbrica integrada.	3	$ 4.084	$ 12.252	35.513.043,42 $
LMD-B170	Monitor LCD Full HD de 17" gama básica, rentable, ligero para un uso versátil	1	$ 2.040	$ 2.040	5.913.043,47 $
RM-30BP	Mando a distancia	1	$ 1.285	$ 1.285	3.724.637,68 $
MDR-7506	Auriculares estéreo profesionales	4	$ 118	$ 472	1.368.115,94 $
RS-250DM	Trípodes para cámara propuesta	3	$ 943	$ 2.829	8.199.999,99 $
BTR-800	Estación Base UHF de 2 canales (A4M Telex, A2: 518-536MHz Transmit/632-650MHz Receive) Incluye dos transmisores Telex TR-800 (A4F RTS, A2: 518-536MHz Receive/632-650MHz Transmit)	1	$ 19.696	$ 19.696	57.089.854,98 $
ODS-D280U	Unidad independiente de Optical Disc Archive con velocidad de tranferencias muy altas (1Gbps de escritura y 3 Gbps de lectura)	1	$ 7.661	$ 7.661	22.205.797,07 $
ODC-1200RE	Sony 1.2TB Rewritable Optical Disc Cartridge	5	$ 154	$ 770	2.231.884,05 $
Sub Total				$ 49.764	144.243.478,03 $
IVA 19%				$ 9.455	27.406.260,83 $
Sub Total				**$ 59.219**	**171.649.738,86 $**

Fuente: Anexo D.

El precio total de los equipos para la producción es de:

$$Precio\ producción : \$171.649.738{,}86$$

11 COTIZACIÓN DE LA MANO DE OBRA.

Como cualquier canal de televisión, este requiere de personal calificado para poder lograr su correcto funcionamiento. Para estimar el personal necesario, se consultó al canal CityTV al Ingeniero Fernando Marín, donde nos entregó información sobre el personal necesario para la producción de este canal, en la tabla 12, se puede ver el costo de lo que ellos en el canal llaman una tropa. La tropa son dos grupos que realizan esas funciones en dos diferentes turnos del día: De 5:00 AM a 1:00 PM y de 1:00 PM a 9:00 PM.

Tabla 12. Personal de una “tropa” para un canal de televisión y los costos estimados.

Personal para un canal de televisión y costos estimados.			
Cargo	**Cantidad**	**Asignación Básica Mensual**	**Total**
Camarógrafo	6	$ 2.000.000	$ 12.000.000
Director de Cámaras	1	$ 3.000.000	$ 3.000.000
Operador de VTR	1	$ 1.500.000	$ 1.500.000
Operador lumino-técnico	1	$ 2.000.000	$ 2.000.000
Asistentes técnicos	2	$ 1.500.000	$ 3.000.000
Switcher	1	$ 3.000.000	$ 3.000.000
Operador de Audio	1	$ 2.000.000	$ 2.000.000
Microfonista	1	$ 1.500.000	$ 1.500.000
Operador del Control de video	1	$ 1.500.000	$ 1.500.000
Total	**15**	**$**	**29.500.000**
Total de las dos tropas		**$**	**59.000.000**

En la tabla 13, se ven los costos de los cargos de planta del canal que si trabajan la jornada completa.

Tabla 13. Personal de planta para un canal de televisión y costos estimados.

Personal de planta para un canal de televisión y costos estimados.			
Cargo	**Cantidad**	**Asignación Básica Mensual**	**Total**
Guionista	1	$ 1.500.000	$ 1.500.000
Productor	1	$ 3.500.000	$ 3.500.000
Asistente de producción	1	$ 2.250.000	$ 2.250.000
Total	**3**	**$**	**7.250.000**

Al ser el canal propuesto un canal que no comenzará con transmisiones y programas en vivo y directo, no se requiere toda la mano de obra que si requiere un canal cómo CityTV. En consecuencia, se pueden reducir los costos al no necesitar de dos tropas por lo que sólo se tendrá en cuenta el gasto mensual de una sola, y también desistir del personal de planta consultado y contratar la tropa cómo el personal de planta del canal. Por lo tanto, el costo fijo mensual que tendría el canal sería de:

$$Precio\ mensual\ de\ la\ mano\ de\ obra : \$\ 29.500.000{,}00$$

A continuación, se define una descripción de las funciones [44] de cada cargo mencionado en la tabla anterior:

- Camarógrafo:
  Encargado del registro de imágenes y videos por medio de las cámaras, controla la operación y el manejo de estas. Además de tener conocimientos de iluminación, óptica, y de sonido.

- Director de Cámaras:
  Dirige las actividades del personal técnico tanto en grabaciones cómo en las emisiones al aire, su principal función es asegurar la buena calidad de la transmisión y de los programas desde el punto de vista técnico.

- Operador de VTR:
  Coordina la reproducción de video casetes en la transmisión del canal, así mismo, se encarga de grabar el contenido producido por el canal en los casetes. Está en coordinación con el switcher y con el resto del personal técnico.

- Operador lumino - técnico:
  Encargado de la distribución de las fuentes eléctricas, fuentes de luz y otros objetos luminotécnicos cómo los espejos de luz. Así mismo también coordina y a veces ejecuta la instalación, montaje y conexión de las fuentes luminosas necesarias.

- Asistentes técnicos:
  Ayudan y asisten al responsable del área técnica garantizando el buen funcionamiento de los equipos, controlando el inventario del canal, coopera con los otros operadores técnicos en sus funciones.

- Guionista:
  Con el productor se encarga de la estructura de los programas del canal, define el público objetivo de estos, el contenido que se manejará y se encarga de todas las indicaciones de la puesta a escena de las transmisiones o de los programas ya grabados.

- Productor:
  Administra los recursos económicos y humanos para creación de los productos a transmitir del canal, coordina a la producción y al personal técnico, con el guionista y el asistente de producción determinan el enfoque de los productos, y gestiona los inconvenientes logísticos que ocurran durante la realización de la producción.

- Asistente de producción:
  Trabaja en conjunto con el productor ejecutando los trámites necesarios en cada una de las áreas comprometidas en la producción del programa, verifica y vela por la correcta ejecución de las actividades programadas y reporta al productor de cualquier eventualidad que ocurra durante la realización del producto.

- Switcher:
  Dirige las actividades del staff técnico, vela por el buen funcionamiento de los equipos, programa las actividades de mantenimiento, verifica la calidad de los enlaces de transmisión, y coordina la operación técnica del canal y

también opera el mezclador de video (mixer) seleccionando lo que se transmite en el canal.

- Operador de audio:
  Es quien controla la consola de audio para realizar las mezclas necesarias de todas las fuentes de sonido, cómo la voz directa, música en vivo, audio digital, música de ambiente, audio de VTR, CD, DVD y otros medios. Así mismo realiza la planeación y toma de todos los registros de audio que haya en el canal.

- Microfonista:
  Con base a la intención del producto a realizar, el microfonista instala las líneas y coloca los micrófonos en los lugares óptimos para una correcta recepción de las señales de audio y para que no aparezcan en la toma de imágenes. También opera un brazo mecánico donde se coloca un micrófono para que sea dirigido a lo largo de la producción.

- Operador de video:
  Controla y ajusta las señales de color, de luminancia y de video de las distintas fuentes cómo cámaras, videos, VTR, archivos digitales por medio de una cabina de control, por lo tanto, trabaja en conjunto con los camarógrafos y coordinado con el restante del personal técnico.

12 REQUISITOS PARA EL OTORGAMIENTO DE LA LICENCIA

La Autoridad Nacional de Televisión (ANTV) en la resolución 650 de 2018 [45] reglamenta el servicio de televisión comunitaria. En la resolución la ANTV define cómo Televisión comunitaria cómo: "*la televisión cerrada sin ánimo de lucro prestado por las comunidades organizadas, que tiene como finalidad satisfacer necesidades educativas, recreativas y culturales, y cuya programación de producción propia tiene un énfasis de contenido social y comunitario. En razón a sus restricciones territoriales, de número de asociados y de señales codificadas, y por prestarse sin ánimo de lucro, este servicio no se confundirá con el de televisión por suscripción.*" [11]

En el artículo séptimo del capítulo II de la presente resolución tiene de nombre *requisitos de la solicitud de licencia.* En este artículo especifica los requerimientos para que la ANTV autorice a las comunidades organizadas de prestar el servicio de televisión. Los requerimientos especificados son los siguientes:

1. Solicitud Formal de Licencia para prestar el servicio de Televisión Comunitaria, suscrita por el representante legal de la Comunidad Organizada, en la cual se manifiesta explícitamente la solicitud de licencia para prestar el servicio de televisión comunitaria.

2. Certificado de existencia y representación legal de la Comunidad Organizada, expedido por la Cámara de Comercio con anterioridad no superior a sesenta (60) días a la radicación de la solicitud, en donde conste como objeto de la Comunidad Organizada la prestación del servicio de Televisión Comunitaria.

3. Documento en el que se indique el código DANE del municipio, nomenclatura de calles y carreras que indique la delimitación del área de cobertura geográfica solicitada incluyendo nombres de barrios y veredas que la comprenden.

4. Plano cartográfico de la red propuesta para el municipio solicitado donde se indique claramente:

    a. Posición sede administrativa.
    b. Posición de la cabecera del sistema.

[11] Autoridad Nacional de Televisión. Resolución 0650 de 2018. Pág 8. 2018. [45]

c. Polígono de delimitación del área de cobertura.

5. El solicitante debe indicar de manera clara y expresa los equipos y sistemas que empleará para dar cumplimiento a la obligación de producción y emisión del canal comunitario, teniendo en cuenta las horas semanales que debe producir y emitir.

6. Estado de la Situación Financiera (ESF) y Estado de Actividades (ES) de la Comunidad Organizada correspondiente a las dos (2) últimas vigencias (años), con sus respectivas notas de los Estados Financieros, de conformidad con la normatividad vigente.

7. Certificado de Antecedentes Disciplinarios del Contador Público que certifica los Estados financieros de la Comunidad Organizada, expedido por la Junta Central de Contadores, vigente a la fecha de radicación de la propuesta.

Todos estos requerimientos serán diligenciados al momento de obtener el aval de la sede de Tunja ya que este se requiere para obtener la información solicitada por la ANTV.

13 RESULTADOS

13.1 FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.

Finalmente, un precio total de la inversión inicial para la implementación del canal puede ser visualizado en la tabla 14.

Tabla 14. Descripción de la inversión inicial para el canal de televisión Digital Seccional Tunja.

Inversión Inicial para el canal De televisión Digital Seccional Tunja	
Equipos para Transmisión	$122.982.217,76
Equipos para Producción	$171.649.738,86
Torre de Transmisión	$67.994.703,00
Total	**$362.626.660,00**

Fuente: Propia

Los costos mensuales que tendrá el funcionamiento del canal pueden ser visualizados en la tabla 15. Además del costo de la mano de obra, se agrega un valor estimado para cubrir gastos varios que tendrá el canal (infraestructura, transporte, mantenimiento de equipos, pago de parafiscales a la mano de obra, maquillaje, iluminación, entre otros) a partir de los recursos que se ahorran al no contratar la mano de obra completa sugerida anteriormente.

Tabla 15. Costos mensuales para el canal de televisión digital seccional Tunja.

Costos Mensuales para el canal De televisión Digital Seccional Tunja	
Mano de Obra	$29.500.000,00
Otros costos (mantenimiento, mano de obra, escenografía, iluminación, transporte)	$30.500.000,00
Total	**$60.000.000,00**

Fuente: Propia

La Autoridad Nacional de Televisión (ANTV) en la resolución 650 de 2018 [45] establece:

"ART. 22. —Comercialización del Canal Comunitario**.** El Canal Comunitario podrá comercializar hasta seis (6) minutos por cada media hora de programación. La

publicidad al igual que la programación debe respetar la normatividad vigente en materia de contenidos, franjas y demás derechos de los televidentes. En ningún caso estos licenciatarios podrán interrumpir o alterar el contenido de las señales incidentales o las codificadas para incluir en ellas comerciales desde territorio colombiano."[12]

Por lo tanto, para estimar un posible ingreso y un tiempo en el que se pueda recuperar la inversión se consulta sobre el precio de una cuña publicitaria en un canal de televisión conocido cómo son los canales privados Caracol y RCN.

Para el año 2010, un comercial de 30 segundos en el horario estelar (6pm – 10pm) costaba $14.500.000 COP en el canal RCN y $12.100.000 COP en el canal Caracol. Este valor depende del rating del canal. Para ese año, el promedio del rating en el horario estelar para el canal RCN era de 11.2 puntos, mientras que para el canal Caracol, era de 9.4 puntos de rating. [46] Por esta razón es más costoso el espacio publicitario en RCN que en Caracol.

Para estimar el tiempo posible para recuperar la inversión inicial del canal, se asumirán posibles ratings que puede tener el canal. Un anuncio de 30 segundos puede ser transmitido en promedio 2 veces por hora, por lo tanto, si no se tienen en cuenta las 6 horas de la madrugada en la que el canal no tiene mucha audiencia, en un día el anuncio puede ser transmitido 36 veces por día. La estimación puede ser visualizada en la tabla 16.

Tabla 16. Estimación del tiempo para la recuperación de la inversión.

Rating estimado	**0,1**
Tiempo del espacio publicitario	**30 segundos**
Anuncios por hora	**24**
Horas de emisión del canal	**18**
Cantidad de anuncios en un día	**432**
Valor espacio publicitario	**$ 130.102,00**
Número de veces a transmitir el espacio	**3296.46**
Días en que se recuperará la inversión	**7.63070549**

Fuente: Propia.

El cálculo da un tiempo de recuperación de la inversión de 7.63 días, lo cual es un tiempo de recuperación ideal debido a que inicialmente el canal no contará con los patrocinadores ni con el objetivo de transmitir los 432 anuncios por día que permite

[12] Autoridad Nacional de Televisión. Resolución 0650 de 2018. Pág 18. 2018. [45]

la ley. Por lo tanto, se hace un cálculo del tiempo de retorno de la inversión a partir de incluir pequeñas cantidades de anuncios a transmitir.

Se cambian la cantidad de anuncios que serían emitidos con cifras mucho más pequeñas para hallar un tiempo realista de recuperación de la inversión. Estos resultados pueden ser visualizados en la tabla 17.

Tabla 17. Estimación del tiempo de recuperación de la inversión con pequeñas cantidades de anuncios transmitidos.

Porcentaje		1%	2%	3%	4%	5%	6%
Cantidad de anuncios en un dia	432	4	9	13	17	22	26
Diario	130.102	562.041	1.124.081	1.686.122	2.248.163	2.810.203	3.372.244
Mes	30	16.861.219	33.722.438	50.583.658	67.444.877	84.306.096	101.167.315
Gastos mes		-60.000.000	-60.000.000	-60.000.000	-60.000.000	-60.000.000	-60.000.000
Diferencia para amortizar inversion		-43.138.781	-26.277.562	-9.416.342	7.444.877	24.306.096	41.167.315
Valor de la inversion	362.626.660						
Meses para recuperar la inversion					**48,7**	14,9	8,8

Fuente: Propia.

A partir de lo mostrado en la tabla 17, mostrando 17 anuncios por día ya existe una utilidad para el canal, y a partir de este ingreso constante requeriría de 48.7 meses para recuperar la inversión inicial, que serían 4 años aproximadamente.

14 IMPACTO SOCIAL

El impacto de este proyecto se traduce en la posibilidad de la implementación de un medio en donde la universidad pueda promover su misión y visión no sólo a la comunidad universitaria tomasina de la seccional, sino a toda la ciudadanía de Tunja. Además, el beneficio que puede obtener la universidad si se usa el canal cómo creadora de contenido y conocimiento es la creación de programas nuevos de pregrado cómo pueden ser Cine y Televisión, Comunicación Social o también Ingeniería de Telecomunicaciones.

Con una gerencia adecuada por parte de la universidad, la implementación del canal podría convertirse en un medio para los ciudadanos de Tunja de entretenimiento, de conocimiento, de reflexión. El canal podría fomentar la creación de programas educativos que también puedan impulsar la participación de los ciudadanos de Tunja, incluyendo niños, estudiantes de otras instituciones, entre otros posibles participantes.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja [47], la población para el 2016 del municipio era de 191.878 habitantes con una tasa de crecimiento anual del 1.88%. La señal del canal cubre la totalidad el municipio, con la idea de poder impactar a la totalidad de la población, asegurando la total participación de todos los ciudadanos de Tunja en la emisión y desarrollo del canal.

15 CONCLUSIONES

- A partir de los resultados realizados, la ciudad de Tunja tiene una geografía apta para lograr la cobertura total del canal de televisión digital, logrando que la señal pueda ser recibida en cualquier punto del municipio, así mismo, es posible la implementación y el correcto funcionamiento de los enlaces de microondas, brindando una herramienta fundamental en el diseño del sistema de transmisión y producción del canal.

- El enlace de microondas no es fundamental para lograr la implementación del canal, pero si es importante si se requiere la transmisión de eventos ocurridos en las otras sedes de la universidad en Tunja. Por lo cual si es importante la implementación de este enlace.

- Implementar el enlace satelital requiere de equipos específicos y que no se encuentran en disponibilidad para cualquier persona, las compañías que desarrollan estos equipos requieren de información que no está al alcance de este trabajo, por lo cual, la implementación de este enlace no es viable a corto plazo. En un trabajo a futuro, y dependiendo del éxito del canal, se podría considerar su implementación.

- Las simulaciones realizadas indican que con una potencia de transmisión de 400W y con un arreglo de antenas que logre la cobertura omnidireccional si es posible cubrir la totalidad del territorio del municipio de Tunja, asegurando la cobertura de la señal del canal para toda su población.

- Según el estudio de factibilidad realizado, la inversión inicial del canal no es tan grande si se compara con el ingreso semestral que obtiene la seccional únicamente con un programa académico. A partir de esto, la inversión inicial es un costo que la universidad si puede asumir.

- Se cumplió con todos los parámetros técnicos exigidos por la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y con la Autoridad Nacional de Televisión (ANTV), descritos a lo largo de la realización de los cálculos de los tres enlaces, cumpliendo con todos los requisitos técnicos exigidos por la legislación colombiana.

- Existen compañías que pueden desarrollar este estudio con mucha más facilidad, y con más precisión en sus simulaciones y sabiendo exactamente que equipos son los necesarios. Este estudio consulta diferentes compañías

para así tener una visión más amplia de lo que se requiere para implementar el canal, y así, poder escoger la opción que más beneficie a la universidad y por supuesto a la comunidad de la cuidad de Tunja.

- Más allá de mostrar las condiciones técnicas necesarias para la implementación del canal, para asegurar el éxito de este es fundamental que el contenido a transmitir sea del interés y del agrado de la ciudadanía de Tunja. Se requiere crear un contenido único basado en los principios de la Universidad Santo Tomás, y que genere un impacto capaz de trascender en las personas.

16 TRABAJO FUTURO

Es necesario realizar un estudio más detallado sobre la producción televisiva, ya que nuestras cotizaciones abarcan un canal de televisión digital básico y sin saber el contenido que se puede llegar a producir. Se necesita aclarar y discutir sobre el contenido a producir para cotizar los equipos necesarios y así tener más claridad sobre los costos que pueden implicar la posible implementación del canal.

Así mismo, también es necesario una actualización constante sobre las cotizaciones de los equipos a usar en la implementación del canal, debido a que mejores equipos y posiblemente de mejor tecnología pueden salir el mercado a corto y mediano plazo, además de que los precios de los equipos cotizados pueden también cambiar a lo largo del tiempo. Es necesario tener en cuenta que este estudio se realizó para el año 2018 y puede que los precios puedan tener cambios abruptos a un largo plazo.

17 Referencias

[1] Universidad Santo Tomás , «Página principal Universidad Santo Tomás Tunja,» 2017. [En línea]. Available: http://www.ustatunja.edu.co/. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[2] YouTube, «Universidad Santo Tomás Tunja,» [En línea]. Available: https://www.youtube.com/user/USTATUNJA. [Último acceso: 18 Septiembre 2018].

[3] Ejercito Nacional, [En línea]. Available: https://drive.google.com/file/d/0B3ab7nYBWZN7Qm9WVzlXXy1EaHM/view?ts=576afa2e+Consultado+el+30+de+mayo+de+2017. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[4] V. M. Florez Quintero, «Universidad del Cauca,» [En línea]. Available: http://artemisa.unicauca.edu.co/~vflorez/SRD/ESTUDIO%20TECNICO%20RUC.pdf. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[5] Institución educativa Aquileo Parra, «Proyecto Emisora,» 7 Mayo 2012. [En línea]. Available: https://aquileoparra.com/pacho/2012/05/07/proyecto-emisora/. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[6] Autoridad Nacional de Televisión , «Cobertura TDT,» 2017. [En línea]. Available: http://www.tdtparatodos.tv/cobertura. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[7] El Tiempo, «Televisión digital, en 12 municipios de Boyacá,» 24 Noviembre 2016. [En línea]. Available: http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/television-digital-en-12-municipios-de-boyaca-42312. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[8] Autoridad Nacional de Televisión , «Directorio de operadores locales sin ánimo de lucro,» 25 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://www.antv.gov.co/index.php/component/jdownloads/category/18-dir-sin-animo-delucro?Itemid=-1. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[9] Arquidiócesis de Tunja, «TeleSantiago de Tunja,» 9 Abril 2016. [En línea]. Available: http://www.arquidiocesisdetunja.org/medios/telesantiago. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[10] Canal ZOOM, «Canal Zoom,» itExperts S.A.S, 2018. [En línea]. Available: https://www.zoomcanal.com.co/. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[11] Universidad Santo Tomás Tunja, «Unidad de Proyección Social,» 2018. [En línea]. Available: http://www.ustatunja.edu.co/inicio-proyeccion-social. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[12] Universidad Santo Tomás, «Presentación de la Universidad Santo Tomás,» 2018. [En línea]. Available: http://www.usta.edu.co/index.php/nuestra-institucion/presentacion-1. [Último acceso: 9 Mayo 2018].

[13] Observatorio Alma, «Twitter,» [En línea]. Available: https://twitter.com/almaobs_esp/status/950887435642142720?lang=eu.

[14] Agencia Nacional del Espectro, «Glosario de la Agencia Nacional del Espectro,» [En línea]. Available: https://ane.gov.co/index.php/informacion-de-interes/glosario?s=4853FCAF7604E2B0A172196B170B31339BC183A6.

[15] Union Internacional de Telecomunicaciones , «Recomendación UIT-R V431-8,» Agosto 2015. [En línea]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-8-201508-I!!PDF-S.pdf. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[16] ElectronTools, «Ondas sonoras constructivas y destructivas.,» [En línea]. Available: http://www.electrontools.com/Home/WP/wp-content/uploads/2017/07/interferencia-300x237.jpg. [Último acceso: 30 Mayo 2018].

[17] W. Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Phoenix, Arizona: Pearson Educación, 2003.

[18] X. Online, «Okumura-Hata,» [En línea]. Available: https://www.xirio-online.com/help/es/okumura-hata.htm. [Último acceso: 10 Septiembre 2018].

[19] ABE Elettronica, «LB 10 VHF ANTENNA PANEL,» [En línea]. Available: https://www.abe.it/documenti/allegati/34/LB_10%20-%20VHF%20B.III%20ANTENNA.pdf.

[20] Rama Judicial, «Constitución Política de Colombia,» [En línea]. Available: https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf. [Último acceso: 25 Septiembre 18].

[21] Agencia Nacional del Espectro, «Registro de frecuencias disponibles,» [En línea]. Available:

https://www.ane.gov.co/images/ArchivosDescargables/RegistroFrecuenciasTV/FrecuenciasDisponibles.pdf.. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[22] ANTV, «Sobre la ANTV,» [En línea]. Available: https://www.antv.gov.co/index.php/la-antv/quienes-somos/item/39-sobre-la-autoridad-nacional-de-television. [Último acceso: 25 Septiembre 2018].

[23] DVB Digital Video Broadcasiting, «DVB - Scene 29,» Marzo 2009. [En línea]. Available: https://www.dvb.org/resources/public/scene/DVB-SCENE29.pdf. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[24] DVB, «DVB,» 2018. [En línea]. Available: https://www.dvb.org/. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[25] ZOOTV, «Colombia actualizará su norma de TDT al estándar DVB-T2,» 26 Diciembre 2011. [En línea]. Available: https://www.fayerwayer.com/2011/12/colombia-actualizara-su-norma-de-tdt-al-estandar-dvb-t2/. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[26] Gomez Barquero y Lopez Sanchez, «FUNCIONALIDADES AVANZADAS DE DVB-T2 PARA EL DISEÑO DE REDES DE TDT PARA LATINOAMÉRICA,» [En línea]. Available: http://www.cienciared.com.ar/ra/usr/3/1480/holon19pp61_94.pdf. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[27] Comisión de Regulación de Comunicaciones, «Definiciones de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia.,» Septiembre 2012. [En línea]. Available: https://www.crcom.gov.co/recursos_user/Documentos_CRC_2012/Actividades_Regulatorias/TDT/documentos_soporte_TDT_20120914.pdf. [Último acceso: 1 Octubre 2018].

[28] Alcaldía de Tunja, «Mapa del municipio de Tunja,» [En línea]. Available: http://www.tunja-boyaca.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1086. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[29] ABE Elettronica, «UHF LB 13/SA,» [En línea]. Available: http://www.abe.it/documenti/allegati/34/LB_13%20-%20UHF%20PANEL%20ANTENNA.pdf. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[30] Unión internacional de Telecomunicaciones, «Recomendación CCIR 417-3,» 1990. [En línea]. Available:

http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.283.43.es.3034.pdf. [Último acceso: 18 Marzo 2019].

[31] ABE Elettronica, «MTX D 500/U,» [En línea]. Available: http://www.abe.it/prodotti/1/233/MTX%20D%20500_U-dd.pdf. [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[32] COMMSCOPE, «FSJ4-50B,» [En línea]. Available: http://www.commscope.com/catalog/cables/product_details.aspx?id=1327. [Último acceso: 2018 Mayo 31].

[33] COMMSCOPE, «F4PDF - C,» [En línea]. Available: https://www.commscope.com/catalog/wireless/pdf/part/9353/F4PDF-C.pdf . [Último acceso: 31 Mayo 2018].

[34] Kathrein, «9361177,» 1 Mayo 2018. [En línea]. Available: https://www.kathrein.de/fileadmin/media/produkte/imports/bca/9361177c.pdf. [Último acceso: 3 Junio 2018].

[35] ANE, «Plan Técnico de Televisión,» [En línea]. Available: https://www.ane.gov.co/index.php/pttv.

[36] Servimecol Ltda, «Torres de Telecomunicaciones,» [En línea]. Available: http://www.servimecol.com/torres-de-telecomunicaciones.html. [Último acceso: 04 Septiembre 2018].

[37] Lyngsat, «SES 6 at 40.5°W,» 31 Mayo 2018. [En línea]. Available: https://www.lyngsat.com/SES-6.html. [Último acceso: 2018 Junio 2018].

[38] Dishpointer, «Dishpointer,» [En línea]. Available: http://www.dishpointer.com/. [Último acceso: 3 Junio 2018].

[39] Agencia Nacional del Espectro, «CNABF,» [En línea]. Available: http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/. [Último acceso: 4 Junio 2018].

[40] CNABF, «Tabla 83 Plan de distribución de canales Banda 15Ghz,» 14 Enero 2014. [En línea]. Available: http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/modulos/pdfs/tabla83.pdf. [Último acceso: 5 Junio 2018].

[41] CNABF, «Tabla 84. Plan de distribución de canales banda 18 GHz,» 14 Enero 2014. [En línea]. Available:

http://cnabf.ane.gov.co/cnabf/modulos/pdfs/tabla84.pdf. [Último acceso: 05 Junio 2018].

[42] Commscope. , «EWP180-180, HELIAX®,» 19 Mayo 2018. [En línea]. Available: https://www.commscope.com/catalog/wireless/pdf/part/1373/35409-21.pdf. [Último acceso: 5 Junio 2018].

[43] A. Electtronica, «DML Series,» [En línea]. Available: https://www.abe.it/documenti/allegati/28/DML_DVB-S_S2_OFDM.pdf.

[44] PBWorks, «Funciones de la producción,» [En línea]. Available: http://productiontv.pbworks.com/w/page/18735957/Funciones%20de%20la%20producci%C3%B3n. [Último acceso: 12 Marzo 2019].

[45] Autoridad Nacional de Televisión, «Resolución 0650 de 2018,» 6 Junio 2018. [En línea]. Available: https://antv.gov.co/index.php/component/jdownloads/send/1203-resoluciones-2018/7791-res-antv-650-de-2018-reglamenta-tv-comunitaria. [Último acceso: 5 Septiembre 2018].

[46] Periodismo Público, «¿Cuanto cuesta hacer campaña en los medios?,» [En línea]. Available: http://www.periodismopublico.com/cuanto-cuesta-hacer-campana-en-los. [Último acceso: 31 Agosto 2018].

[47] Alcaldía de Tunja, «Población y Territorio,» [En línea]. Available: http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20tunja%20-%20poblacion%20y%20territorio(37%20pag%20-%20251kb).pdf. [Último acceso: 05 Junio 2018].

[48] Plan de Ordenamiento Territorial de Tunja., «Usos del suelo.,» [En línea]. Available: http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20tunja%20-%20usos%20del%20suelo(29%20pag%20-%20194kb).pdf. [Último acceso: 23 Julio 2018].

[49] MinTic, «Acerca del MinTic,» [En línea]. Available: https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-540.html. [Último acceso: 25 Septiembre 2018].

18 ANEXOS

ANEXO 1. Cotización de la torre de transmisión por la compañía CMA ingeniería y construcción. S.A.S.

cma
INGENIERIA & CONSTRUCCION

COT – 9659 – 18 REV 0

Bogotá D.C., 12 de septiembre de 2018

Señores:
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS (SEDE TUNJA)
Atn.: Santiago Urueña
santiagouruena@usantotomas.edu.co
Cel: 311 2911110
La Ciudad.

REFERENCIA: DISEÑO Y CALCULO ESTRUCTURAL, PLANOS DE TALLER, SUMINISTRO, FABRICACIÓN, GALVANIZADO EN CALIENTE, TRANSPORTE, MONTAJE Y PINTURA DE LA TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA DE 16M SECCION (1.5X1.5). PARA LA INSTALACION DE 6 ANTENAS DE COMUNICACIÓN DE 90 KG Y PARA UNA VELOCIDAD DE VIENTO DE 120 KM/H, SU INSTALACION SE TIENE PREVISTA REALIZAR SOBRE TERRAZA DE EDIFICACION DE 3 PISOS, EN LA CIUDAD DE TUNJA, DEPARTAMENTO DE BOYACA.

En atención a su cordial invitación para cotizar los trabajos de la referencia, **CMA INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.S.** se permite hacer entrega de su mejor oferta técnica y comercial para cumplir sus requerimientos de trabajo.

La presente oferta se rige por la modalidad de **PRECIO UNITARIO FIJO** con cantidades variables, para las especificaciones indicadas según la solicitud.

Agradecemos su atención al invitarnos a cotizar sus trabajos y quedamos a disposición para aclarar cualquier inquietud que se presente durante el análisis de nuestra oferta.

Atentamente,

CMA INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.S.

LUIS GALEANO
Ingeniero de Ventas.
Energía y Telecomunicaciones.

Carrera 128 No. 14B – 32
Bogotá D.C - Colombia
+57 (1) 415 45 72

presupuestos@cma.com.co
comercial@cma.com.co
www.cma.com.co
www.estructurasmetalicas.com.co

1. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA DE 16M SECCION (1.5X1.5) M

Diseño y calculo estructural, planos de taller, suministro, fabricación, galvanizado en caliente, transporte, montaje y pintura de la torre autosoportada cuadrada de 16m sección (1.5x1.5). para la instalación de 6 antenas de comunicación de 90 kg y para una velocidad de viento de 120 km/h, su instalación se tiene prevista realizar sobre terraza de edificación de 3 pisos, en la ciudad de Tunja, departamento de Boyacá.

Cualquier cambio en las especificaciones y calidades de acero ofertadas por CMA Ingeniería y Construcción S.A.S. serán revisadas y reajustadas conforme se requiera y los sobrecostos serán asumidos por el Cliente.

1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El alcance de la presente oferta incluye las siguientes actividades:

- Diseño y cálculo estructural
- Planos de taller y de Detalle
- Suministro y Fabricación de Estructuras metálicas
- Galvanizado en Caliente
- Suministro de Pintura (Esquema Blanco – Naranja) cantidad en galones.
- Línea de Vida, certificada (no incluye freno ni arnés). Se incluye soporte superior e inferior, separadores y cable tipo guaya de acero súper GX de 3/8".
- Luces de Obstrucción (Doble Faro Tipo LED) con soporte y Fotocontrol 250W a 110V, Se incluye tubería Conduit y cable encauchetado AWG, por la altura de cada tipo de torre + 10m.
- Pararrayos (Tipo Franklin – 4 puntas) con bajante en cable de cobre encauchetado 1/0, soportes de pararrayos y aisladores, por la altura de cada tipo de torre + 10m.
- Suministro de Soportes para antena. Se cotiza por unidad
- Suministro de Pintura
- Montaje y aplicación de pintura
- Entrega en sitio

i. Diseño y calculo estructural

Los diseños estructurales se realizarán con base en la norma ANSI/TIA 222 G para una velocidad de viento de 120 Km/h y siguiendo la normatividad vigente en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente – NSR10 para la estructura de acero.

ii. Elaboración de Planos de taller

La elaboración de planos de taller incluye el despiece de elementos para su procesamiento en planta, elaboración de listados de materiales y cálculo del peso teórico de las estructuras.

iii. Suministro y Fabricación de Estructuras Metálicas

La fabricación se realiza 100% en planta utilizando equipos de control numérico de última generación. En cumplimiento de las normas aplicables vigentes.

iv. Galvanizado en caliente y Pintura

La torre y la plataforma serán Galvanizadas en Caliente según normas vigentes para Galvanizado ASTM A-123 y ASTM A-153.

La torre será entregada con el siguiente esquema de pintura:

• Pintura acrílica tipo Galvox de Dupont. Colores blanco y naranja de acuerdo con la norma de la Aerocivil

v. Lugar de Entrega

Las estructuras serán entregadas en el sitio de montaje en la la ciudad de Tunja en el departamento de Boyacá.

vi. Exclusiones

La presente propuesta no incluye las siguientes actividades y suministros:

- Licencias o permisos de ningún tipo
- Diseño y Caculo del Edificio
- Estudio de suelos
- Cimentación de la torre
- Obras civiles
- Obras eléctricas
- Supervisor HSE de disponibilidad exclusiva
- Pago de salarios y/o cumplimiento de normas de seguridad industrial superiores al estándar del mercado en Colombia
- Servicio de vigilancia en sitio
- Transporte a sitio diferente al ofertado. (vereda, caserío, ranchería)
- Servicios no indicados

2. NOTAS TÉCNICAS

Las cantidades de obra fueron estimadas según la información suministrada por el CLIENTE, Sin embargo, el precio total de la liquidación se basará en las cantidades realmente ejecutadas calculadas de acuerdo con los lineamientos de la norma NTC-5832.

CMA desarrolla un completo programa de calidad basado en la norma ISO 9001:2015. CMA presentara Dossier de calidad el cual incluye entre otros los siguientes aspectos:

- Certificación de estándares de calidad de todos los materiales
- Trazabilidad completa del proyecto
- Ensayos no destructivos de acuerdo con la norma AWS B1.10

NORMAS Y MATERIALES APLICABLES

- ASTM A-36 y A-572 Para perfiles en acero certificado grado 50
- ASTM A-123 Proceso de galvanizado para perfiles.
- ASTM A-153 Proceso de galvanizado para tornillería.
- AWS D 1.1 Código de Soldadura Estructural
- AWS B1.10 Guía para Ensayos no Destructivos de Soldaduras
- AISC (American Institute of Steel construction)
- ICONTEC 5832. Practicas Normalizadas Para Fabricación Y Montaje De Estructuras En Acero, Edificios Y Puentes
- NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
- ISO 9001:2015
- OHSAS 18001:2007

3. IMPUESTO AL VALOR AGREGADO

Se liquidará el impuesto IVA del 19% sobre la utilidad esperada del 5%.

4. PLAZO PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

CMA estima 60 días para la ejecución de los trabajos aquí cotizados. Una vez recibida la orden de trabajo o firma del contrato y el pago del anticipo.

Notas:

- El cliente correrá con los gastos extra que se incurra respecto a las actividades indicadas como exclusiones indicadas en el numeral 2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS, del presente documento.

- Todos los trabajos adicionales se harán por medio de una orden de compra que no afecte la inicial o el contrato que se firme.
- Se considera continuidad en los trabajos ofertados. No se consideran tiempos muertos o de Stand-By por causas imputables al cliente.
- La propuesta aplica únicamente para adjudicación total del proyecto.

5. VALOR DE LA OFERTA

5.1 TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA DE 16M SECCION (1.5X1.5)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	VR. UNITARIO	SUBTOTAL
1. TORRE AUTOSOPORTADA CUADRADA DE 16.0M (1.5X1.5)M Y PLATAFORMA					$ 56.217.200
1.1	Diseño y Calculo Estructural de Torre y plataforma	Glb	1	$ 1.764.000	$ 1.764.000
1.2	Elaboracion planos de taller	Glb	1	$ 1.260.000	$ 1.260.000
1.3	Estructura Metálica de la Torre	Kg	2.640	$ 6.455	$ 17.041.200
1.4	Estructura Metálica de la Plataforma	Kg	2.400	$ 6.455	$ 15.492.000
1.5	Suministro de Pintura	Glb	1	$ 1.716.000	$ 1.716.000
1.6	Suminsitro e Instalacion Sistema de luces de obstruccion (Faro + Fotocontrol)	Glb	1	$ 1.840.000	$ 1.840.000
1.7	Suministro e Intalacion Sistema de linea de vida Certificada (Sin freno ni arnes)	Glb	1	$ 1.520.000	$ 1.520.000
1.8	Suministro e Instalacion Sistema de pararrayos (tipo franklin - 4 puntas)	Glb	1	$ 1.632.000	$ 1.632.000
1.9	Soportes para antena RF	Und	1	$ 280.000	$ 280.000
1.10	Soportes para antena MW	Und	1	$ 560.000	$ 560.000
1.11	Transporte a Sitio (Bogota - Tunja)	Viaje	1	$ 2.700.000	$ 2.700.000
1.12	Montaje y aplicación de pintura	Glb	1	$ 8.712.000	$ 8.712.000
1.13	Alquiler de grua para montaje (por dia)	Dia	2	$ 850.000	$ 1.700.000
SUBTOTAL OFERTA POR UNIDAD					$ 56.217.200
ADMINISTRACION				10%	$ 5.621.720
IMPREVISTOS				5%	$ 2.810.860
UTILIDAD				5%	$ 2.810.860
IVA SOBRE UTILIDAD				19%	$ 534.063
TOTAL OFERTA					$ 67.994.703

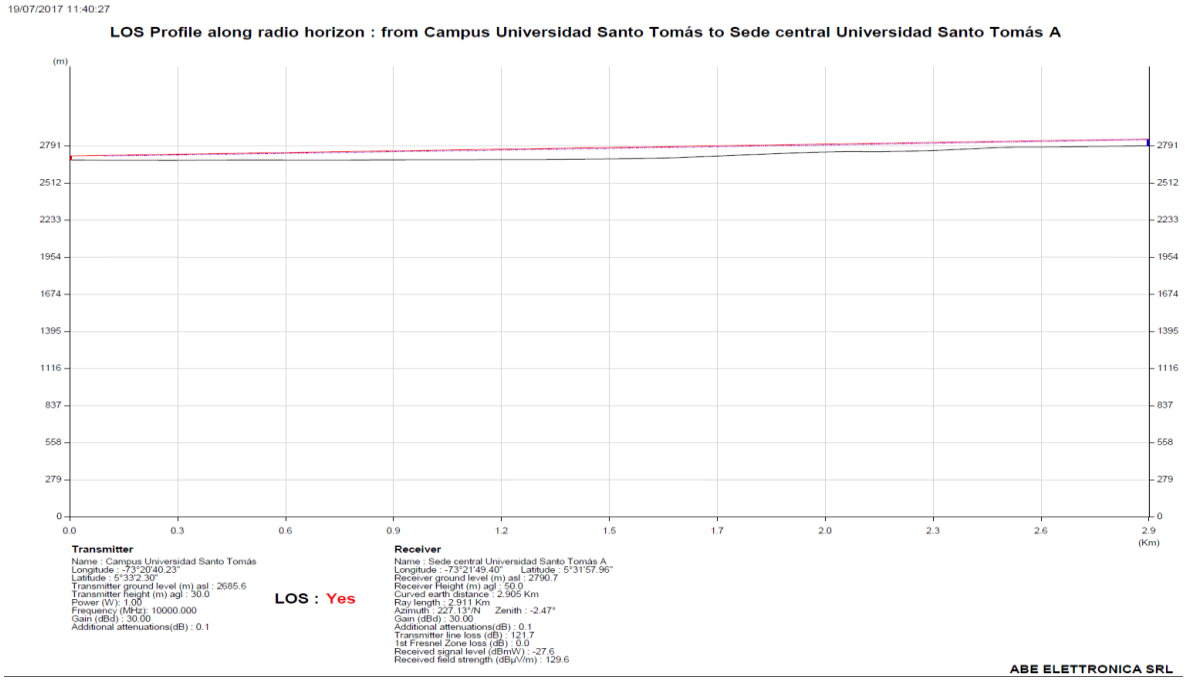
6. FORMA DE PAGO

- 50% de anticipo.
- 30% para despacho de la estructura
- 20% contra entrega final

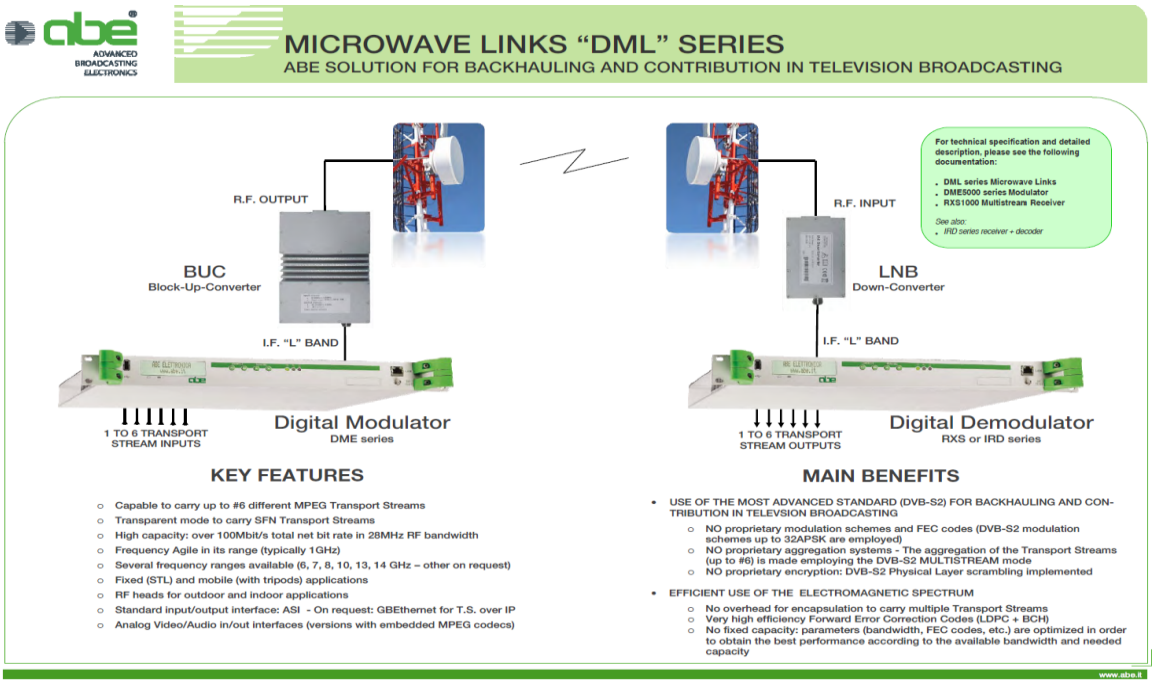
7. VALIDEZ DE LA OFERTA

La presente oferta es válida por treinta (30) días a partir de la fecha.

ANEXO 2. Perfil de línea de vista del enlace de microondas propuesto.



ANEXO 3. DIGITAL TV MICROWAVE LINKS. Parte de la documentación de ABE sobre enlaces de microondas.



ANEXO 4. Cotización dada por ABE Elettronica.

ADVANCED BROADCASTING ELECTRONICS

Page 1 of 2
Caravaggio: July 19th, 2017

to:
University Santo Tomas
Cra 9 # 51-11 Bogotá, Colombia
Zip Code: 110231
Cellphone: (57) 316 380 4220

Att.: Helen Socorro López Torres
Sebastián Alejando Tafur Correa
Edwin Camilo Pardo Carranza
Santiago Urueña Latorre
Marco Antonio Vega Torres.

OFFER 4136U17-OE19.7

pos	code/model	Description	Q.ty	unit price (€ euro)	extended price (€)
1	DML7	STL Digital Link, 5.7GHz-to-8.6GHz in sub bands of 500MHz (agile - steps 100KHz); 1Video/2Audio/SDI; parabolic antennas D.70cm included TX			
1.1	DME5010	MPEG-4/H264 SD + Full HD Audio/Video Encoders; 1Video + 2 mono Audio (one stereo pairs) DVB-S/S2 Modulator QPSK/8PSK/16PSK /32APSK constellations, IF 950 to 1750MHz output, non linear-precorrection; 19" 1U rack drawer; 90-to-260V AC	1	4.800,00	4.800,00
1.2	HM-PSU24/2*	PSU VDC +24V 2APSU, housed in DME (for BUC)	1	150,00	150,00
1.3	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
1.4	BUC7-1W0	Transmitter 5.7 to 8.6GHz, in sub-bands of 500MHz (BUC – Block UP Converter), L-Band input; RF 1W@c.p., VDC by IF cable	1	1.950,00	1.950,00
1.5	DML-BWS	Bracket + Fibreglass weathershield	1	235,00	235,00
1.6	CF393-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.7	A/P70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.8	A/I7-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.9	A/RA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm RX	1	195,00	195,00
1.10	A/P70	Parabolic Antenna Ø 70cm, with bracket for pole	1	295,00	295,00
1.11	A/I7-P7	Feed 7-8GHz band for parabolic antenna Ø 70cm	1	305,00	305,00
1.12	A/RA-P7	Fibreglass Radome for parabolic antenna Ø 70cm	1	195,00	195,00
1.13	CF393-N06	cm.60 RF cable (flex) with N/N connectors	1	75,00	75,00
1.14	LNB7-PLL	Receiver 5.7-to-8.7GHz, in sub bands of 500MHz (LNB – Low Noise Block downconverter - PLL), "L Band" output; VDC by IF cable	1	950,00	950,00
1.15	CFL-N50	m.50 low-loss L-band cable with N/N connectors	1	190,00	190,00
T 1		Total pos.1			10.205,00

Note: the DVB-S/S2 Receiver card is housed on MTX exciter (see below)

Microwave link DML7:
Agile Frequency 100KHz steps. Range from 5.7GHz to 8.6GHz, in sub-bands of 500MHz.
Range of the sub-bands:
5.700MHz to 6.140MHz, 6.140MHz to 6.540MHz, 6.540MHz to 7.020MHz, 7.020MHz to 7.500MHz, 7.500MHz to 8.050MHz, 8.050MHz to 8.600MHz

ABE ELETTRONICA S.r.l.
Via Leonardo da Vinci, 224 • 24043 – CARAVAGGIO (BG)
Tel. +39-0363-351.007 • Fax +39-0363-50.756
www.abe.it • mail@abe.it

Cod. Fisc. e P. IVA 01815800162
Reg. Imprese di Bergamo 01815800162
Capitale Sociale € 100.000,00 i.v.

pos	code/model	Description	Q.ty	unit price (€ euro)	extended price (€)
2		Transmitter 400W DVB-T2			
		option: DVB-S/S2 receiver (ref. microwave link system pos.1)			
2.1	HB-S2	DVB-S/S2 multistream Receiver Demodulator card (QPSK,8PSK, 16APSK, 32APSK); L-band input (housed in MTX exciter)	1	500,00	500,00
		TX400W			
2.2	MTXD400/U_T2	400W rms DVB-T2 UHF TV Transmitter (Compact Version), with I&Q Direct Digital Synthesis (DDS) Modulator, double ASI input. Remote control LAN interface (Web server, e-mail client & SNMP); 19" 3UR	1	12.000,00	12.000,00
2.3	HB-AP	option UHF Adaptive non-linear precorrection	1	500,00	500,00
		Output filter			
2.4	HF-U600/6	Output Filter 6C, UHF 600W, including interconnections & support	1	1.620,00	1.620,00
		Rack cabinet			
2.5	HR-15U	19" 15U Rack Cabinet, complete with slides, automatic mains breaker, wiring, front/rear panels and interconnecting cables	1	1.350,00	1.350,00
2.6	HR-SC	Surge Controller (one phase)	2	115,00	230,00
T2		Total pos.2			16.200,00
3		Transmitter 600W DVB-T2			
		option: DVB-S/S2 receiver (ref. microwave link system pos.1)			
3.1	HB-S2	DVB-S/S2 multistream Receiver Demodulator card (QPSK,8PSK, 16APSK, 32APSK); L-band input (housed in MTX exciter)	1	500,00	500,00
		TX 600W			
3.2	MTXD600/U_T2	600W rms DVB-T2 UHF TV Transmitter (Compact Version), with I&Q Direct Digital Synthesis (DDS) Modulator, double ASI input. Remote control LAN interface (Web server, e-mail client & SNMP); 19" 3UR	1	14.000,00	14.000,00
3.3	HB-AP	option UHF Adaptive non-linear precorrection	1	500,00	500,00
		Output filter			
3.4	HF-U600/6	Output Filter 6C, UHF 600W, including interconnections & support	1	1.620,00	1.620,00
		Rack cabinet			
3.5	HR-15U	19" 15U Rack Cabinet, complete with slides, automatic mains breaker, wiring, front/rear panels and interconnecting cables	1	1.350,00	1.350,00
3.6	HR-SC	Surge Controller (one phase)	2	115,00	230,00
T3		Total pos.3			18.200,00
4		Transmitter 1KW DVB-T2			
		option: DVB-S/S2 receiver (ref. microwave link system pos.1)			
4.1	HB-S2	DVB-S/S2 multistream Receiver Demodulator card (QPSK,8PSK, 16APSK, 32APSK); L-band input (housed in MTX exciter)	1	500,00	500,00
		TX 600W			
4.2	MTXD1K/U_T2	1.2KW rms DVB-T2 UHF TV Transmitter (exciter + DPA1250W), with I&Q Direct Digital Synthesis (DDS) Modulator, double ASI input. Remote control LAN interface (Web server, e-mail client & SNMP)	1	22.550,00	22.550,00
4.3	HB-AP	option UHF Adaptive non-linear precorrection	1	500,00	500,00
		Output filter			
4.4	HF-U1K2/6	Output Filter 6C, UHF 1,2KW, including interconnections & support	1	2.370,00	2.370,00
		Rack cabinet			
4.5	HR-25U	19" 25U Rack Cabinet, complete with slides, automatic mains breaker, wiring, front/rear panels and interconnecting cables	1	1.550,00	1.550,00
4.6	HR-SC	Surge Controller (one phase)	2	115,00	230,00
T4		Total pos.4			27.700,00

ABE ELETTRONICA S.r.l.
Via Leonardo da Vinci, 224 • 24043 – CARAVAGGIO (BG)
Tel. +39-0363-351.007 • Fax +39-0363-50.756
www.abe.it • mail@abe.it

Cod. Fisc. e P. IVA 01815800162
Reg. Imprese di Bergamo 01815800162
Capitale Sociale € 100.000,00 i.v.

ADVANCED BROADCASTING ELECTRONICS

pos	code/model	Description Antenna system	Q.ty	unit price (€ euro)	extended price (€)
		12 panels			
5	RS-U2/16	UHF Broadband Antenna system with 12 (twelve) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	8.280,00	8.280,00
		16 panels			
6	RS-U2/16	UHF Broadband Antenna system with 16 (sixteen) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	11.040,00	11.040,00
		18 panels			
7	RS-U2/18	UHF Broadband Antenna system with 18 (eighteen) panels mod. LB13/SA, Splitter, interconnecting cables between splitters to panels (phase controlled), radiation system CAD design (input FL 7/8")	1	12.420,00	12.420,00

Prices Offered are EX-works (Incoterms 2010, EXW)

Delivery Time: to be confirmed, according to the quantity and configuration
three (3) working weeks from the confirmed order
A shorter delivery time is possible according to our production schedule. It can be agreed at the order confirmation

Payment Terms:
20% with order, 80% prior delivery - by Bank transfer.
Bank Details:
INTESA SAN PAOLO, Treviglio branch
- swift BCI TITMMI 40
- account N.: 05583452-01-50
IBAN: IT60Y0306953641055834520150

Warranty & Conditions of Sale:
The warranty period is twelve months from delivery.
All the products & services provided are subject to "ABE General Terms and Conditions of Sale"

Validity of the prices offered: 30 days

I remain at your disposal for any information you might require

Best Regards

Urbano Pagnoncelli

ABE ELETTRONICA S.r.l.
Via Leonardo da Vinci, 224 • 24043 – CARAVAGGIO (BG)
Tel. +39-0363-351.007 • Fax +39-0363-50.756
www.abe.it • mail@abe.it

Cod. Fisc. e P. IVA 01815800162
Reg. Imprese di Bergamo 01815800162
Capitale Sociale € 100.000,00 i.v.

ANEXO 5. Cotización de la compañía Egatel.

JOTATION

Egatel

ınt: Universidad Sto. Tomas
ıntry: Colombia
ıject: Presupuesto Transmisores + Atenna System + Radiolink
the attention of: Helen Lopez
ıt by: Jose M M Mariño

Quotation: 57UST001-2017
Date: 06/11/2017

Item	Ref	Description	Qty.	Unit Price (€)	Line Total (€)
1		**200Wrms DVB-T/T2 UHF Transmitter (DOHERTY/AIR COOLED)**			
1.01	TUWH3201	**Transmitter DVB-T/T2 UHF 200W (Mod/Exc + 1Amp) [Doherty Capacity]**	1	8.114 €	8.114 €
	TE9000E6	· UHF Frequency Agile Exciter for DVB, model Egatel TE9000E6, 1U 19" 1	1		0 €
	AUWH201	200 Wrms Doherty amplifier, UHF LDMOS, 2U in 19" integrated power supplies, model Egatel AUWH201	1		0 €
		TS ASI & IP interfaces	1		0 €
		SNMP/Web Server	1		0 €
		Digital Adaptative Precorrection for Linear and Non-Linear	1		0 €
	FC6D60C	·Filtro de mascara marca COM-TECH 250 W de salida. 6 cavidades	1	766 €	766 €
		Subtotal 200W	**1**	**8.880 €**	**8.880 €**
2		**80 m feeder & accessories, 1 5/8" foam dielectric option**			
	Feeder	80 m 1 5/8" foam dielectric coaxial feeder cable, model LCF158-50JA	1	1.227,43 €	1.227 €
	Accessories	Accessories for feeder installation:	1	1.380,00 €	1.380 €
		· Tape wrap sealing kit, model RFS WPFG-1	1		
		· Earthing kit, model RFS EAR-158	3		
		· Cleat (kit of 10)	8		
		· RSB-clip for 1 5/8" (kit of 10)	8		
		· Heat treated drum for exports	1		
		· Hoisting grips model RFS HOIST1-158C	2		
		· Wall gland, model RFS WF-158	1		
		· EIA 1 5/8" connectors, model RFS 158EIA-LCF158-062	2		
		Subtotal Feeder:	**1**	**2.607 €**	**2.607 €**
3		**Antenna System**			
		1x4 Antenna system (1 bay, 4 panels per bay), Rymsa AT15-250 unitary panel, EIA 7/8" input	1	3.687,60 €	3.687,60 €
		1x4 Antenna system mounting hardware to an existing square section tower, around 600mm side-lenght	1	2.024,40 €	2.024,40 €
		Subtotal Antenna System:	**1**	**5.712 €**	**5.712 €**
4		**Radio Link HS+LINK/SM 18 GHz - (1+0) NO REDUNDANCY**			
		Radio units (RFU)			
	ODU,S,18A1,SP	ESKODU/FD/18A1/SP	1	2.722,50 €	2.722,50 €
	ODU,S,18A3,SP	ESKODU/FD/18A3/SP	1	2.722,50 €	2.722,50 €
		Indoor Units			
	HS+SDIDU	IDU for HS+LINK, half-rack unit, 200Mbps, -48VDC	2	2.103,75 €	4.207,50 €
	PS-230/48-02	SDIDU Power Supply 230VAC/48VDC/90W	2	111,38 €	222,75 €
	EMM-ASI-001	Optional Module 4xASI, -48VDC	2	940,50 €	1.881,00 €
	SFP-1002-01	FO Cable for EMM connection, LC-LC, MM type, 1m, w/o SFP module	2	61,88 €	123,75 €
		Antennas and Accessories			
	2MECC1985	MOD ASSY, ODU METAL SHEET	2	27,23 €	54,45 €
	2RIDU0311	ADAPTER 18GHZ, CONIC	2	49,50 €	99,00 €
	2RIDU0328	Ball Adapter 17/18 GHz	2	27,23 €	54,45 €
	1BOCA0205	Coaxial Cable RG214/U. L=1 m	160	4,32 €	691,20 €
	223158-4	Grounding Kit for RG214 cable	4	21,45 €	85,80 €
	2CONN1229	"N" Connector for RG214	4	6,03 €	24,12 €
	61 1556 0011	FIMO fixing hanger for RG214 cable	160	3,51 €	561,60 €
	THP 06-1775	2' HP Antenna, 17.70 ~ 19.70 GHz, Single Pol, PBR220	2	618,00 €	1.236,00 €
		Radio Link:	**1**	**14.687 €**	**14.687 €**
		GRAN TOTAL SISTEMA TRANSMISOR + FILTRO + FEEDER +SSRR + LINK			**31.886 €**

TES

ANEXO 6. Cotización de la compañía SYES América.

Syes America Proposal:
Proyecto Universidad Santo Tomas

To: Helen Socorro López Torres
Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás
Edificio División de Ingenierías.
Carrera 9 # 51 - 11
Bogotá D.C. Colombia
Zip Code: 110231
Cellphone: (57) 3109377267

from: Alessandro Annoni
Syes America VP of Sales

m. +1 (305) 815 2185 - Skype: aleannox
Mailto: syesamerica@syes.eu

Version: 1.0

Date: Tuesday, October 17, 2017

SYES AMERICA LLC - 7800 NW 46TH ST, DORAL, FL 33166 – USA. MAILTO: SYESAMERICA@SYES.EU

Index

PLANTA TRANSMISORA, 300 W RMS UHF DVB-T2 ..... - 3 -
SISTEMA DE MICROONDAS: HS++SM_4P_LOW_R2-SYES (6 GHZ) ..... - 4 -
SALES TERMS ..... - 5 -
PAYMENT INFORMATION ..... - 5 -
GENERAL CONDITIONS ..... - 6 -

Planta transmisora, 300 W rms UHF DVB-T2

MODEL / DESCRIPTION	QTY	UNIT PRICE	TOT PRICE
MODEL: SLIM2_01_UHF_SD_PCM Wide band TV Transmitter UHF, configuration single exciter. Composition= 1 PCM exciter + 1 SLIM2 Amplifier • 300 Wrms (DVB-T2), POUT before the band pass filter (potencia antes del filtro de mascara critica – 6 polos) • 34 db MER y 49 Shoulder asegurado Technical specifications: https://www.syes.eu/cp-products/air_cooled_transmitters/slim2_01_uhf_sd_pcm/ Inputs: • Dual ASI (Digital) • Ethernet: 2x GBE (Electrical) Frequency agile - "static" or "adaptive" pre-correction (both linear and non-linear).	1	$ 15,500	$ 15,500
Filtro de salida y su accesorio (linea rigida, conectores, solución lista para instalación): UHF BJII 6-Pole 60 mm Bandpass Filter http://www.com-tech.it/datasheets/FC6D60C.pdf	1	NA	NA
Instalación y puesta en marcha, entrenamiento y garantía para 2 años. El servicio de Instalación y puesta en marcha incluye 2 años de garantía. INSTALACION Y ENTRENAMIENTO: La instalación incluye 1 ingeniero experto de SYES para (2 días). Se incluye los pasajes, los costes de alojamiento y desplazamiento interno por el ingeniero de Syes. La planta y la planta eléctrica tendrán que ser ya listos para la instalación a la hora que lleguen los ingenieros de Syes. Si las operaciones, por falta no reconducible a Syes, y el cliente requerirá la presencia del ingeniero SYES para más tiempo, esto será cargado con $ USD 1,250 para cada día.	1	$ 3,000	$ 3,000

Sistema de Microondas: HS++SM_4P_LOW_R2-SYES (6 GHz)

MODEL / DESCRIPTION	QTY
IDU for HS++LINK, half-rack unit, 500Mbps, 80MHz BW, - 48VDC (SDIDU Power Supply 230VAC/48VDC/90W) (Optional Module 4xASI, -48VDC) (SFP Passive Cable, 1m, including SFP modules for units interc)	2
ODU, S,6C1,SP,UDR70	2
"N" Connector for RG214	4
Coaxial Cable RG214/U. L=1 mt	300
Grounding Kit for RG214 cable	4
FIMO fixing hanger for RG214 cable	300
Kit for Faini Antenna Direct Mount, 5.9-7.1 GHz in UDR70	2
4' HP Antenna, 5.925 – 7.125 GHz, Single Pol, ODU mounting	2
TOTAL (servicio de instalación y puesta en marcha incluido)	$ 24,000

ANEXO 7. Cotización de la compañía ATG S.A.S.

Bogotá D.C, 7 de septiembre de 2017

ATG S.A.S
ADVANCED TELEVISION GROUP

Señores: **U. SANTO TOMAS**
Atención: **SANTIAGO URUEÑA LATORRE**
Dirección Carrera 9 No. 51-11
Bogotá - Colombia
Teléfono: 57-311-2911110
E-mail: santiagouruena@usantotomas.edu.co

Calle 162 No.54-95 Interior 71
Tel / Fax: (571) 4815530
Bogota, Colombia

Estimado(a) Sr.(a):

En atención a su solicitud nos permitimos presentar a consideración nuestra oferta:

Cotización	Páginas
COT-083-17	1

Ítem	Referencia	Descripción	Marca	Unidad	Cantidad	Valor Unit.	Valor Total
1		**ENCODER, DECODER Y MONITOREO**					
1.1	CM5000-1-HD-b	Kyrion Contribution Modular Encoder Dual MPEG-4 (4:2:0 8-bit),SD & HD, up to 20 Mbps,Ultra Low Latency, 4 audio mono channels on SDI per video channel , ASI & IP outputs, Zixi streaming,Dual PSU-Single Power Plug	ATEME	Unidad	1	36.889.000	36.889.000
1.2	DR5000-HD-420	Universal Contribution Decoder SD&HD, MPEG-2(4:2:0 & 4:2:2)/H264 4:2:0 – 16 Audio mono channels decoding on SDI or 8 AES digital audio, audio pass-through, 2 IP, 2ASI, 4 DVB-S/S2/S2X inputs 3x3G-SDI & 2 ASI outputs- 1RU 19"- BISS 0/1/E -ProMPEG FEC - Audio Analog output and DVB-CI interface not included. HEVC ready.	ATEME	Unidad	1	20.858.000	20.858.000
1.3	OR-701A	Single 7" Full Featured 3RU Rack Mount Monitor with Audio Speakers and Balanced +4dBu line outputs	MARSHALL ELECTRONICS	Unidad	1	8.936.000	8.936.000
2		**ENLACE MICROONDAS FIJAS (1+0)**					
2.1	SWH18xxxx-xxx00	Transcend ODU RF Bands: 18 GHz, slip fit mount to antenna or coupler Type: HP, Negative Polarity, channel bandwidth up to 56MHz and modulation up to 256 QAM	ADVANTECH	Unidad	2	6.795.000	13.590.000
2.2	1W0-AEG042-190	Transcend 800 IDU with 10MHz reference and GPS Interface: 8xE1/T1 + 2xSFP + 4xGigE Switch+ 3xGigE Router + 2xASI (bi-directional) License: ACM,64 QAM and first ASI. Vac Supply Option	ADVANTECH	Unidad	2	15.210.000	30.420.000
2.3	WAAT007xx/21	RFS High Performance Antenna, single-polarized 0.6m, integrated antenna	ADVANTECH	Unidad	2	2.610.000	5.220.000
2.4	19W-AESMU0-001	Transcend 800 User Manual & MIB (USB medium)	ADVANTECH	Unidad	2	284.000	568.000
2.5	WPEK604/200	LMR 400 - RF Cable 10 mm foil+shield, (reel 100 m) (max IFL 300 m)	ADVANTECH	Unidad	1	2.138.000	2.138.000
2.6	632-ANM140-001	N-connectors (ea)	ADVANTECH	Unidad	4	50.000	200.000
2.7	WMSA014	Grounding kit (every 50m, 3 minimum per run)	ADVANTECH	Unidad	6	126.000	756.000
2.8	1W0-MSA000-002	N-Female to N-Female Lightening Arrestor (for Building Entrance)	ADVANTECH	Unidad	2	126.000	252.000
2.9	1W0-MSA000-014	N-Male to N-Female Lightening Arrestor (for ODU)	ADVANTECH	Unidad	2	126.000	252.000
2.10	709-224200-001	Weather protection kit	ADVANTECH	Unidad	2	122.000	244.000
2.11	WUKA108/040	Jumper cable: IDU to N (m) (to Building Lighting Arrestor, length 4 m)	ADVANTECH	Unidad	2	189.000	378.000
2.12	260-300R00-6C1	IDU Grounding Cable	ADVANTECH	Unidad	2	36.000	72.000
2.13	WUKA101/030	Transcend IDU Ethernet Cable, 3m	ADVANTECH	Unidad	2	140.000	280.000
2.14	WUKA101/030	Transcend IDU Serial Cable	ADVANTECH	Unidad	2	86.000	172.000

Bogotá D.C, 7 de septiembre de 2017

ATG S.A.S
ADVANCED TELEVISION GROUP

Señores: **U. SANTO TOMAS**
Atención: **SANTIAGO URUEÑA LATORRE**
Dirección Carrera 9 No. 51-11
Bogotá - Colombia
Teléfono: 57-311-2911110
E-mail: santiagouruena@usantotomas.edu.co

Calle 162 No.54-95 Interior 71
Tel / Fax: (571) 4815530
Bogota, Colombia

Estimado(a) Sr.(a):

En atención a su solicitud nos permitimos presentar a consideración nuestra oferta:

Cotización	Páginas
COT-083-17	1

Ítem	Referencia	Descripción	Marca	Unidad	Cantidad	Valor Unit.	Valor Total
1		**ENCODER, DECODER Y MONITOREO**					
1.1	CM5000-1-HD-b	Kyrion Contribution Modular Encoder Dual MPEG-4 (4:2:0 8-bit),SD & HD, up to 20 Mbps,Ultra Low Latency, 4 audio mono channels on SDI per video channel , ASI & IP outputs, Zixi streaming,Dual PSU-Single Power Plug	ATEME	Unidad	1	36.889.000	36.889.000
1.2	DR5000-HD-420	Universal Contribution Decoder SD&HD, MPEG-2(4:2:0 & 4:2:2)/H264 4:2:0 – 16 Audio mono channels decoding on SDI or 8 AES digital audio, audio pass-through, 2 IP, 2ASI, 4 DVB-S/S2/S2X inputs 3x3G-SDI & 2 ASI outputs- 1RU 19"- BISS 0/1/E -ProMPEG FEC Audio Analog output and DVB-CI interface not included. HEVC ready.	ATEME	Unidad	1	20.858.000	20.858.000
1.3	OR-701A	Single 7" Full Featured 3RU Rack Mount Monitor with Audio Speakers and Balanced +4dBu line outputs	MARSHALL ELECTRONICS	Unidad	1	8.936.000	8.936.000
2		**ENLACE MICROONDAS FIJAS (1+0)**					
2.1	SWH18xxxx-xxx00	Transcend ODU RF Bands: 18 GHz, slip fit mount to antenna or coupler Type: HP, Negative Polarity, channel bandwidth up to 56MHz and modulation up to 256 QAM	ADVANTECH	Unidad	2	6.795.000	13.590.000
2.2	1W0-AEG042-190	Transcend 800 IDU with 10MHz reference and GPS Interface: 8xE1/T1 + 2xSFP + 4xGigE Switch+ 3xGigE Router + 2xASI (bi-directional) License: ACM,64 QAM and first ASI. Vac Supply Option	ADVANTECH	Unidad	2	15.210.000	30.420.000
2.3	WAAT007xx/21	RFS High Performance Antenna, single-polarized 0.6m, integrated antenna	ADVANTECH	Unidad	2	2.610.000	5.220.000
2.4	19W-AESMU0-001	Transcend 800 User Manual & MIB (USB medium)	ADVANTECH	Unidad	2	284.000	568.000
2.5	WPEK604/200	LMR 400 - RF Cable 10 mm foil+shield, (reel 100 m) (max IFL 300 m)	ADVANTECH	Unidad	1	2.138.000	2.138.000
2.6	632-ANM140-001	N-connectors (ea)	ADVANTECH	Unidad	4	50.000	200.000
2.7	WMSA014	Grounding kit (every 50m, 3 minimum per run)	ADVANTECH	Unidad	6	126.000	756.000
2.8	1W0-MSA000-002	N-Female to N-Female Lightening Arrestor (for Building Entrance)	ADVANTECH	Unidad	2	126.000	252.000
2.9	1W0-MSA000-014	N-Male to N-Female Lightening Arrestor (for ODU)	ADVANTECH	Unidad	2	126.000	252.000
2.10	709-224200-001	Weather protection kit	ADVANTECH	Unidad	2	122.000	244.000
2.11	WUKA108/040	Jumper cable: IDU to N (m) (to Building Lighting Arrestor, length 4 m)	ADVANTECH	Unidad	2	189.000	378.000
2.12	260-300R00-6C1	IDU Grounding Cable	ADVANTECH	Unidad	2	36.000	72.000
2.13	WUKA101/030	Transcend IDU Ethernet Cable, 3m	ADVANTECH	Unidad	2	140.000	280.000
2.14	WUKA101/030	Transcend IDU Serial Cable	ADVANTECH	Unidad	2	86.000	172.000

ANEXO 8. Cotización de la compañía comercial de Curaçao de Colombia.

Compañía Comercial Curaçao de Colombia S.A.
NIT. 860.004.871-7

Bogotá, D.C. Octubre 31 de 2017

Señores
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

Atn. MARCO VEGA
HELEN LOPEZ

Ciudad

REF: OFERTA No. 40563 F

PROVEEDOR: LA CURACAO
PAIS DE COMPRA: COLOMBIA
SITIO DE ENTREGA: EN SUS INSTALACIONES

Item	Modelo	Descripción	Cant.	VR/UNIT	VR/TOTAL
		SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN VIVO PORTATIL SDI			
1	MCX-500	El MCX-500 es un mezclador de producción asequible, diseñado exclusivamente para la comodidad del usuario y con una flexibilidad que facilita que un solo operador o un pequeño equipo produzca un evento en directo con calidad broadcast. Las diversas entradas de vídeo entre las que se incluyen 3G-SDI, HDMI, Vídeo compuesto y DSK especializado significan que puede combinar y conciliar el kit según sea necesario	1	2.759	2.759
2	HXR-NX5R	El HXR-NX5R es el camcorder portátil Full HD definitivo, sucesor excepcional de los populares modelos HXR-NX5 y HXR-NX3, y cuenta con grabación XAVC S, salida 3G-SDI y flujo de trabajo inalámbrico. Esta herramienta puede utilizarse para todo, desde vídeos empresariales y educativos hasta eventos en directo	3	4.084	12.252
3	LMD-B170	Monitor LCD Full HD de 17" de gama básica, rentable y ligero para un uso versátil	1	2.040	2.040
4	RM-30BP	Mando a Distancia	1	1.285	1.285
5	MDR-7506	Auriculares profesionales estéreo	4	118	471
6	RS-250DM	Tripodes para cámara propuesta. LIBEC	3	1.001	3.003
7	UWP-D16/42	Paquete de micrófono inalámbrico de petaca UWP-D con transmisor acoplable XLR. SONY	3	943	2.829
8.	TELEX BTR-800	Telex BTR-800 2-Channel UHF Base Station (A4M Telex, A2: 518-536MHz Transmit/632-650MHz Receive), INCLUDED CUATRO Telex TR-800 2-Channel UHF Transceiver (A4F RTS, A2: 518-536MHz Receive/632-650MHz Transmit)	1	19.696	19.696
9	ODS-280U	La unidad independiente de Optical Disc Archive con velocidades de transferencia muy altas de 1 Gbps de escritura (verificación activada) y 2 Gbps de lectura con el cartucho ODC-3300R de 2.ª generación	1	7.661	7.661

Bogotá D.C. Carrera 45 No. 58A - 78 Tels. 3153441 - 3144011

10	**ODC-1200RE**	Sony 1.2TB Rewritable Optical Disc Cartridge	5	154	770
			SUB-TOTAL	**USD**	**52.767**
			IVA 19%	**USD**	**10.026**
			TOTAL	**USD**	**62.793**

CONDICIONES DE LA OFERTA

VALIDEZ DE LA OFERTA
Treinta (30) dias calendario

TIEMPO DE ENTREGA
Cuatro (4) a Seis (6) semanas a partir del recibo de la orden de compra.

PRECIO DE LA OFERTA
Los precios ofertados reflejan las tarifas y tasas arancelarias, impuestos y otros gastos de importación vigentes en la fecha de presentación de esta oferta, en caso de que éstos sean modificados por las autoridades competentes, será necesario la revision de estos precios.

FORMA DE PAGO
50% CONTRA ORDEN DE COMPRA
50% CONTRA ENTREGA

VENTAJAS DE LA OFERTA
a) Asesoría en el montaje de los equipos, revisión y comentarios del plan de instalación elaborado por el COMPRADOR

b) Garantía de un (1) año contra defectos de fabricación de acuerdo con el fabricante original, para los equipos excepto partes y equipos

c) Laboratorio de servicio y repuestos a precios del mercado en nuestra división de servicios localizado en Bogotá.

Cordialmente;

Ing. Wbeimar Torres Hurtado
Ingeniero Broadcast
COMPAÑÍA COMERCIAL CURACAO DE COLOMBIA S.A